

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY  
(PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Office



(43) International publication date  
1 February 2001 (01.02.2001)

PCT

(10) International publication number:  
**WO 01/07962 A1**

(51) International patent classification<sup>7</sup>:  
I/13363, I/1337

G02F 1/139,

(71) Applicant (for all designated States except US): **MERCK  
PATENT GMBH** [DE/DE]; Frankfurter Strasse 250,  
D-64293 Darmstadt (DE).

(21) International file reference: PCT/EP00/06879

(22) International filing date:  
19 July 2000 (19.07.2000)

(72) Inventors; and  
(75) Inventors/Applicants (US only): **HECKMEIER,  
Michael**, [DE/DE]; Bahnhofstrasse 14, D-64625 Bensheim  
(DE). **SCHULER, Brigitte** [DE/DE]; Blumenstrasse 13,  
D-63808 Haibach (DE). **GÖTZ, Achim** [DE/DE];  
C. Mierendorff Strasse 14, D-64665 Alsbach-Hähnlein  
(DE). **PLACH, Herbert** [DE/DE]; Haendelstrasse 81 A,  
D-64291 Darmstadt (DE).

(25) Language of filing: German

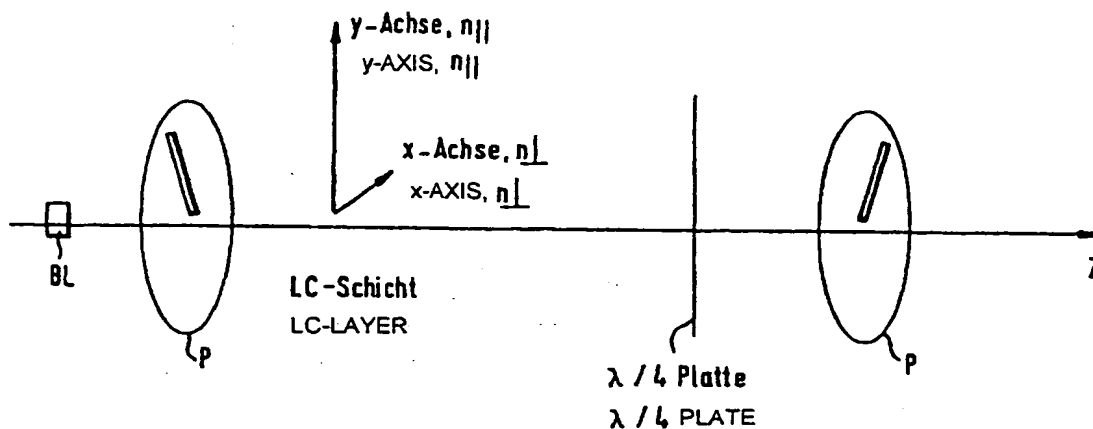
(26) Language of publication: German

(30) Data relating to the priority:  
199 33 571.0 22 July 1999 (22.07.1999) DE

(74) Joint Representative: **MERCK PATENT GMBH**,  
Frankfurter Strasse 250, D-64271 Darmstadt (DE).

[continued overleaf]

(54) Title: LIQUID-CRYSTAL SWITCHING ELEMENT AND LIQUID-CRYSTAL DISPLAY DEVICE



(57) Abstract: The invention relates to an electro-optical liquid-crystal switching element comprising at least one polariser, a liquid-crystal layer which has an initial alignment in which the liquid-crystal molecules are aligned essentially parallel to the substrates and essentially parallel to one another, in which the realignment of the liquid crystals from their initial alignment essentially parallel to the substrates is caused by a corresponding electric field, which, in the case of liquid-crystal materials of negative dielectric anisotropy, is aligned essentially parallel to the substrates and, in the case of liquid-crystal materials of positive dielectric anisotropy, is aligned essentially perpendicular to the substrates, where the liquid-crystal layer has an extremely low optical retardation  $[(d \cdot \Delta n)_{LC}]$  in the range from 0.06  $\mu\text{m}$  to 0.43  $\mu\text{m}$ , and to liquid-crystal display systems containing liquid-crystal switching elements of this type.



## Flüssigkristallschaltel ment und Flüssigkristalldarstellungseinrichtung

Die Erfindung betrifft ein elektrooptisches Flüssigkristallschaltelment, umfassend mindestens einen Polarisator und eine Flüssigkristallschicht, die eine Ausgangsorientierung aufweist, bei der die Flüssigkristallmoleküle im wesentlichen parallel zu den Substraten und im wesentlichen parallel zueinander orientiert sind, in welcher die Umorientierung der Flüssigkristalle aus ihrer im wesentlichen zu den Substraten parallelen Ausgangsorientierung durch ein entsprechendes elektrisches Feld hervorgerufen wird, welches im Fall von Flüssigkristallmaterialien mit negativer dielektrischer Anisotropie im wesentlichen parallel zu den Substraten und im Fall von Flüssigkristallmaterialien mit positiver dielektrischer Anisotropie im wesentlichen senkrecht zu den Substraten orientiert ist, wobei die Flüssigkristallschicht eine extrem niedrige optische Verzögerung  $d \cdot \Delta n$  im Bereich von 0,06  $\mu\text{m}$  bis 0,43  $\mu\text{m}$  aufweist und das Flüssigkristallschaltelment bevorzugt zusätzlich zur Flüssigkristallschicht eine weitere doppelbrechende Schicht und zwar bevorzugt eine  $\lambda/4$ -Schicht oder zwei  $\lambda/4$ -Schichten oder eine  $\lambda/2$ -Schicht enthält, sowie Flüssigkristallanzeigesysteme enthaltend derartige Flüssigkristallschaltelmente.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind weiterhin Flüssigkristallmedien, insbesondere mit kleiner Doppelbrechung, zur Verwendung in den Flüssigkristallanzeigesystemen. Diese, die Flüssigkristallschaltelmente enthaltenden Flüssigkristallanzeigesysteme sind unter anderem Bildschirme von Fernsehgeräten, Computern, wie z.B. „Notebook“-Computern oder „Desktop“-Computern, Schaltzentralen und von anderen Geräten, z.B. Glücksspielgeräten, elektrooptische Anzeigen, wie Anzeigen von Uhren, Taschenrechnern, elektronischen (Taschen)-spielen, tragbaren Datenspeichern, wie PDAs (personal digital assistants) oder von Mobiltelefonen.

Insbesondere sind die erfindungsgemäßen Flüssigkristallanzeigesysteme für Anwendungen mit Darstellung von Graustufen gut geeignet, wie z. B. Fernsehgeräte, Computermonitore und Multimediageräte. Hierbei ist sowohl ein netzunabhängiger Betrieb als auch der Betrieb am Stromnetz möglich. Der Netzbetrieb ist oft bevorzugt.

Diese Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen werden auch als Flüssigkristalldisplays bezeichnet.

- 5 Die typischerweise in solchen Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen verwendeten Flüssigkristallschaltelemente sind die bekannten TN (twisted nematic) Schaltelemente, z. B. nach Schadt, M. und Helfrich, W. Appl. Phys. Lett. **18**, S. 127 ff (1974) und insbesondere in ihrer speziellen Form mit kleiner optischer Verzögerung  $d \cdot \Delta n$  im Bereich von 150 nm bis 600 nm
- 10 gemäß DE 30 22 818, STN (super twisted nematic) Schaltelemente wie z. B. nach GB 2 123 163, Waters, C. M., Brimmel, V. and Raynes, E. Pproc. 3<sup>rd</sup> Int. Display Research Conference, Kobe 1983, S. 396 ff und Proc. SID **25/4**, S. 261 ff, 1984, Scheffer, T. J. und Nehring, J. Appl. Phys. Lett. **45**, S. 1021 ff, 1984 und J. Appl. Phys. **58**, S. 3022 ff, 1985, DE 34 31 871,
- 15 DE 36 08 911 und EP 0 260 450, IPS (in-plane switching) Schaltelemente, wie z. B. in DE 40 00 451 und EP 0 588 568 beschrieben und VAN (vertically aligned nematic) Schaltelemente, wie z. B. beschrieben in Tanaka, Y. et al. Taniguchi, Y., Sasaki, T., Takeda, A., Koibe, Y., and Okamoto, K. SID 99 Digest S. 206 ff (1999), Koma, N., Noritake, K., Kawabe, M., and Yoneda, K., International Display Workshop (IDW) '97 S. 789 ff (1997) und
- 20 Kim, K.H., Lee, K., Park, S.B., Song, J.K., Kim, S., and Suk, J.H., Asia Display 98, S. 383 ff, (1998).

- Bei diesen bisher bekannten und bereits größtenteils kommerziell verfügbaren Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen ist das optische Erscheinungsbild zumindest für anspruchsvolle Anwendungen nicht ausreichend. Insbesondere der Kontrast, speziell bei farbigen Darstellungen, die Helligkeit, die Farbsättigung und die Blickwinkelabhängigkeit dieser Größen sind
- 25 deutlich verbesserungsfähig und müssen verbessert werden, wenn die Darstellungseinrichtungen mit den Leistungsmerkmalen der weitverbreiteten CRTs (Kathodenstrahlröhren, cathode ray tubes) konkurrieren sollen. Weitere Nachteile der Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen sind oft ihre mangelnde räumliche Auflösung und unzureichende Schaltzeiten, insbesondere bei STN-Schaltelementen, aber auch bei TN-Schaltelementen oder
- 30 IPS („in-Plane switching“)- und VAN (vertically aligned nematic“-Schaltelementen, bei den letzteren insbesondere wenn diese zur Wieder-
- 35

gabe von Video verwendeter werden solle wie etwa bei Multimediaanwendungen auf Computerbildschirmen oder bei Fernsehern. Hierzu besonders, aber bereits für die Anzeige schneller Cursorbewegungen, sind kleine Schaltzeiten, bevorzugt von weniger als 32 ms, besonders bevorzugt von weniger als 16 ms, erwünscht.

Die Anforderungen an die Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts hängen stark von der Anwendung der Darstellungseinrichtungen ab. So ist beispielsweise bei Fernsehbildschirmen und Computermonitoren der horizontale Blickwinkelbereich am wichtigsten, wohingegen bei anderen Anwendungen zentrosymmetrische oder zumindestens nahezu zentrosymmetrische Blickwinkelverteilungen erwünscht sind. Anzeigen mit nahezu zentrosymmetrischen Blickwinkelverteilungen werden insbesondere bei Projektionsanzeigen benötigt um die optischen Aperturen möglichst gut auszunutzen, aber auch bei Computerbildschirmen mit sogenannter „swivel-base“. Diese Bildschirme erlauben die Anzeige um 90° zu kippen um unter Beibehaltung der Auflösung der Anzeige von Hochformat („portrait mode“) zu Breitformat („landscape mode“) zu wechseln. Offensichtlich müssen solche Anzeigen ähnliche horizontale und vertikale Blickwinkelbereiche aufweisen, da diese beim Kippen ja miteinander vertauscht werden.

Im allgemeinen ist zu bemerken, daß für die praktische Akzeptanz einer Anzeige nicht in erster Linie ihr Kontrast, bzw. ihr maximales Kontrastverhältnis maßgebend ist, sondern, daß es vielmehr oft auf die Blickwinkelabhängigkeit des Kontrastes ankommt. Jedoch sind diese Eigenschaften je nach Anwendung verschieden zu gewichten.

TN-Schaltelemente mit  $d \cdot \Delta n$  im Bereich von 0,2  $\mu\text{m}$  bis 0,6  $\mu\text{m}$ , wie in DE 30 22 818 beschrieben, haben in der Regel sehr gute Farbsättigung und Farbtiefe, jedoch einen unzureichenden Blickwinkel für anspruchsvolle Anwendungen wie z. B. Computermonitore sogenannte „Desktop“-Monitore.

In einigen Ausgestaltungsformen, wie z.B. bei typischen IPS-Darstellungseinrichtungen, ist die Helligkeit der Darstellung ungenügend oder nur über großen Aufwand bei der Hintergrundbeleuchtung zu realisieren. Im Ge-

gensatz dazu sind VANs oft durch ungenügende Farbsättigung und Farbtiefe charakterisiert, des weiteren ist die Herstellung von VANs wegen der schwierig zu erreichenden homöotropen Orientierung und wegen der langen Füllzeiten aufwendig.

5

EP 0 264 667 beschreibt TN-Zellen mit Verdrillungswinkeln ( $\phi$ , auch Twistwinkel oder kurz Twist genannt) im Bereich von  $10^\circ$  bis  $80^\circ$  mit  $d \cdot \Delta n$  im Bereich von  $0,2 \mu\text{m}$  bis  $0,7 \mu\text{m}$ . Diese haben zwar, verglichen mit TN-Zellen mit  $90^\circ$  Verdrillung, sowohl eine verbesserte Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts, als auch eine geringere Steilheit der Elektrooptischen Kennlinie. Sie haben jedoch wesentliche Nachteile. So sind unter anderem ihre Helligkeit und ihr Kontrast deutlich geringer als die der herkömmlichen TN-Schaltelemente. Außerdem schalten die TN-Schaltelemente nach EP 0 264 667 relativ langsam.

15

Raynes, E. P., Mol. Cryst. Liq. Cryst. 4, S. 1, ff, 1986 beschreibt die Spannungsabhängigkeit des Anstellwinkels in der Mitte der Flüssigkristallschicht ( $\phi_M$ , auch „Midplane-Tiltwinkel“ oder kurz „Midplane-Tilt“ genannt) als Funktion der Ansteuerspannung für Zellen mit verdrillt orientiertem nematischen Flüssigkristall mit einem Verdrillungswinkel von  $0^\circ$  bis  $270^\circ$ .

20

DE 40 10 503 und dazu korrespondierende WO 92/17 831 beschreiben unter anderem TN-Schaltelemente mit Verdrillungswinkeln im Bereich von mehr als  $0^\circ$  bis  $90^\circ$ , die eine oder mehrere Kompensationsschichten enthalten, wobei die Kompensationsschichten zur Kompensation des optischen Gangunterschieds der schaltenden Zelle die selbe optische Verzögerung aufweisen wie die schaltende Zelle. Bei Zellen mit als klein bezeichnetem Verdrillungswinkel, z.B. bei  $22,5^\circ$ , kann die Kompensationsschicht auch entfallen. Die in dieser Veröffentlichung beschriebenen Schaltelemente weisen jedoch insbesondere einen unzureichenden Kontrast auf, der oft von einer immer noch erheblichen Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts begleitet wird. Des weiteren sind meist die Schaltzeiten, insbesondere die für die Ansteuerung von Graustufen, unzureichend.

25

30

35

In DE 42 12 744 wird zur Verbesserung der Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts und insbesondere der Darstellung von Graustufen von TN-Zellen

- mit 90° Verdrillung und einem  $d \cdot \Delta n$  im Bereich von 0,15  $\mu\text{m}$  bis 0,70  $\mu\text{m}$  die Verwendung eines cholesterischen Flüssigkristallmaterials mit kleinem cholesterischen Pitch (P) mit einem d/P-Verhältnis im Bereich von 0,1 bis 0,5 vorgeschlagen. Die TN-Schaltelemente der DE 42 12 744 zeigen ähnliche Nachteile wie die in EP 0 264 667 beschriebenen Schaltelemente. Auch bei den Zellen nach DE 42 12 744 steigt die Sättigungsspannung im Vergleich zu herkömmlichen TN-Zellen deutlich an, wenn auch nicht so stark ausgeprägt wie bei den TN-Schaltelementen der EP 0 264 667.
- 10 WO 91/06889 und die korrespondierende U.S.P. 5,319,478 beschreiben die minimale optische Verzögerungen von  $\lambda/2$  bzw.  $\lambda/4$  aufweisen und schlagen deren Betrieb mit zirkular polarisiertem Licht vor. Es werden Zellen mit verdrehter Struktur des Flüssigkristalls bevorzugt.
- 15 Van Haaren et al., Phys. Rev. E, Bd. 53, Nr. 2, S. 1701 bis 1713, untersucht die elastische Konstante für die Oberflächenkopplung ( $k_{13}$ ) der nematischen Flüssigkristallmischung ZLI-4792, Merck KGaA, in einer planar orientierten unverdrillten Zelle mit einer  $\lambda/4$ -Platte.
- 20 Tillin et al., SID 98 Digest, S. 311-314 (1998) untersucht reflektive Flüssigkristallschaltelemente mit einem einzigen Polarisator. Er erwähnt unter anderem ein Flüssigkristallschaltelement mit unverdrilltem Flüssigkristall, das im „normally white mode“ von einem  $(d \cdot \Delta n / \lambda)$  von  $1/2$  nach  $1/4$  und im „normally black mode“ von  $1/4$  nach 0 schaltet. Die Veröffentlichung bevorzugt aber Flüssigkristallschichten mit verdrehter Struktur. Daneben werden Flüssigkristallzellen mit einem  $(d \cdot \Delta n / \lambda)$  von  $1/3$  mit einer doppelbrechenden Schicht mit  $(d \cdot \Delta n / \lambda)$  von  $1/2$  und optional einer zusätzlichen doppelbrechenden Schicht mit  $(d \cdot \Delta n / \lambda)$  von  $4/55$  vorgestellt. Hierbei bilden die charakteristischen Richtungen der optischen Komponenten Winkel zueinander die von 0° und 90° verschieden sind. Die hier beschriebenen Schaltelemente mit doppelbrechenden Schichten haben einen komplizierten Aufbau und sind dadurch nicht leicht herzustellen. Darüberhinaus ist insbesondere bei den Schaltelementen mit mehreren doppelbrechenden Schichten die Helligkeit nicht besonders gut.
- 35

Es wurde nun gefunden, daß die Flüssigkristallschaltelemente gemäß der vorliegenden Erfindung die Nachteile der bekannten Schaltelemente nicht oder zumindestens in deutlich vermindertem Umfang aufweisen. Sie sind durch einen sehr guten Kontrast bei gleichzeitiger ausgezeichnete

5 Blichwinkelabhängigkeit des Kontrasts gekennzeichnet. Sie erlauben die Darstellung sowohl von Graustufen als auch von Halbtönen über einen breiten Bereich von Beobachtungswinkeln. Außerdem sind die Schaltzeiten gut und insbesondere ausreichend für Videowiedergabe.

10 Die Flüssigkristallschaltelemente gemäß der vorliegenden Erfindung enthalten eine Flüssigkristallschicht mit einer kleinen optischen Verzögerung und gegebenenfalls eine weitere doppelbrechende Schicht, bevorzugt eine  $\lambda/4$ -Schicht, eine  $\lambda/2$ -Schicht oder zwei  $\lambda/4$ -Schichten, sowie mindestens einen Polarisator. Die zwei  $\lambda/4$ -Schichten können die  $\lambda/2$ -Schicht ersetzen.

15 Bevorzugt enthalten die transmissiven oder transflektiven Flüssigkristallschaltelemente gemäß der vorliegenden Erfindung einen Polarisator und einen Analysator, welche auf entgegengesetzten Seiten der Anordnung aus Flüssigkristallschicht und doppelbrechender Schicht angeordnet sind.

20 Polarisator und Analysator werden in dieser Anmeldung gemeinsam als Polarisatoren bezeichnet.

In Abbildung 1 ist schematisch der prinzipielle Aufbau eines erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelements in der bevorzugten Ausführungsform eines transmissiven Schaltelements mit einer Lichtquelle, mit einer

25 Flüssigkristallschicht, mit zwei Polarisatoren, mit einer doppelbrechenden Schicht (hier, wie bevorzugt, einer  $\lambda/4$ -Schicht) und mit gekreuzten Polarisatoren dargestellt.

30 Abbildung 1a ist eine Seitenansicht. Hier wurde der Übersichtlichkeit wegen auf die Darstellung der Substrate der Flüssigkristallzelle zwischen denen sich die Flüssigkristallschicht befindet ebenso verzichtet, wie auf die der auf den Substratinnenseiten vorhandenen Orientierungsschichten und auf die der auf einem oder beiden Substraten befindlichen Elektroden-

35 schichten. Je einer der beiden Polarisatoren befindet sich auf je einer der beiden Seiten der Flüssigkristallzelle. Die doppelbrechende Schicht befin-



det sich zwischen der Flüssigkristallzelle und einem der beiden Polarisatoren, bevorzugt, wie dargestellt auf der der Lichtquelle abgewandten Seite, also zwischen der Flüssigkristallzelle und dem Analysator. In dieser Konfiguration ist die schnelle Achse der doppelbrechenden Schicht parallel zur Transmissionschse des Polarisators. Das Licht der Lichtquelle (Hintergrundbeleuchtung kurz BL) durchquert also nacheinander den Polarisator, die Flüssigkristallzelle, die doppelbrechende Schicht und den Analysator bevor es zum Betrachter (nicht dargestellt) kommt. Es ist jedoch auch möglich die Reihenfolge von Flüssigkristallschicht und doppelbrechender Schicht umzukehren. In diesem Fall muß jedoch auch die relative Orientierung dieser beiden Komponenten abgewandelt werden. Dann steht die schnelle Achse der doppelbrechenden Schicht bevorzugt im Winkel von  $45^\circ$  zum Polarisator und die Projektion der Orientierung des Flüssigkristalls in der Mitte der Zelle zwischen den Substraten ist bevorzugt parallel zur Transmissionsrichtung des Polarisators.

Abbildung 1b ist eine Darstellung in Aufsicht, also entlang der z-Achse in Abbildung 1a. Sie zeigt die Orientierung der relevanten Achsen der einzelnen optischen Komponenten zueinander und definiert die entsprechenden Winkel. Es werden die Symbole aus Abbildung 1a verwendet soweit sinnvoll.  $\Psi_{PP}$  bezeichnet den Winkel zwischen den Transmissionsachsen der beiden Polarisatoren (hier  $90^\circ$ ),  $\Psi_{PL}$  den Winkel zwischen der Transmissionsachse des Polarisators und der Vorzugsrichtung des Flüssigkristalldirektors in der Mitte der Schicht zwischen den Substraten ( $n_{||}$ ) (hier  $45^\circ$ ). Die schnelle Achse der  $\lambda/4$ -Schicht ist parallel zur Transmissionsachse des Polarisators. Somit ist der Winkel  $\Psi_{PD}$   $0^\circ$ . Schließlich ist der Betrachtungswinkel in der Ebene des Schaltelements ( $\Phi$ ) mit Beispielen von  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  und  $270^\circ$  angegeben.

Die Betrachtungswinkel in der Ebene der Anzeige ( $\Phi$  bzw.  $\Phi'$ ) und senkrecht zum Lot ( $\odot$ ) werden in Abbildung 2 definiert. Die Betrachtungswinkel  $\Phi'$  beginnen mit  $\Phi' = 0^\circ$  im Quadranten mit dem höchsten Kontrast bei dem Winkel des höchsten Kontrasts, der in der Regel in der Richtung von  $n_{||}$  liegt. Somit ist bzw.  $\Phi'$  um  $45^\circ$  gegenüber  $\Phi$  verschoben.

Die schnelle Achse der  $\lambda/4$ -Schicht ist parallel zu der Transmissionsrichtung des Polarisators, beim Vorliegen von zwei oder mehreren Polarisatoren zu der des der  $\lambda/4$ -Schicht benachbarten Polarisators (vergleiche Abbildung 1b). Analoges gilt beim Vorhandensein von zwei  $\lambda/4$ -Schichten oder einer  $\lambda/2$ -Schicht.

Bevorzugt werden in den Schaltelementen gemäß der vorliegenden Anmeldung Linearpolarisatoren verwendet. Diese Linearpolarisatoren können einschichtige Polarisatoren sein oder aus einer Kombination mehrerer Schichten bestehen, wobei diese Schichten auch zwei oder mehr polarisierende Schichten umfassen können. Der Polarisationsgrad der Polarisatoren wird ausreichend hoch gewählt um einen guten Kontrast zu erzielen aber auch niedrig genug um eine gute Helligkeit des Schaltelements zu erhalten. Oft erweist sich die Verwendung eines Polarisators mit relativ geringem Polarisationsgrad, einem sogenannten "clean up" Polarisators in Kombination mit einem Polarisator mit relativ hohem Polarisationsgrad als vorteilhaft. In diesem Fall werden die Polarisatoren bevorzugt mit einem Kleber entsprechender Brechzahl verbunden um Lichtverluste an den Oberflächen zu vermeiden.

Die Flüssigkristallschicht wird üblicherweise zwischen zwei Substraten festgehalten. Mindestens eines der Substrate ist lichtdurchlässig, bevorzugt sind beide Substrate lichtdurchlässig. Die lichtdurchlässigen Substrate bestehen z. B. aus Glas, Quarzglas, Quarz oder aus transparenten Kunststoffen, bevorzugt aus Glas und besonders bevorzugt aus Borosilikatglas.

Die Substrate bilden mit einem Kleberahmen eine Zelle, in der das Flüssigkristallmaterial der Flüssigkristallschicht festgehalten wird. Die Substrate sind bevorzugt planar.

Der Abstand der flächigen Substrate wird mittels Abstandshaltern, sogenannten "Spacern" über die gesamte Fläche im wesentlichen konstant gehalten. Diese Spacer können nur im Kleberahmen verwendet werden oder, alternativ, über die ganze Fläche der Zelle verteilt sein. Die Verwendung von Abstandshaltern ausschließlich im Kleberahmen verringert

Probleme mit Fehlorientierungen in der Flüssigkristallschicht. Sie ist besonders bei Flüssigkristallzellen mit kleinen Flächendiagonalen, insbesondere bis zu 5" und bevorzugt bis zu 3" angezeigt. Bei großflächigeren Flüssigkristallzellen, insbesondere bei solchen mit Diagonalen von 14" oder mehr und ganz besonders von 18" oder mehr, werden bevorzugt Abstandshalter über die gesamte Fläche verteilt eingesetzt. Hierbei ist es möglich und oft vorteilhaft verschiedene Abstandshalter im Kleberahmen und in der Zellenfläche einzusetzen. Die bevorzugten Grenzen für die verschiedenen Verteilungen der Abstandshalter über die Zellenfläche hängen zusätzlich von der Dicke der verwendeten Substrate ab. So wird bei dünnerem Glas und bei größeren Diagonalen die Verwendung von über die gesamte Anzeigefläche verteilten Spacern bevorzugt.

Die bevorzugten Substratdicken sind 0,3 mm bis 1,1 mm, besonders bevorzugt 0,4 mm bis 0,7 mm. Bei den größeren Diagonalen der Zellen werden die Substrate mit den größeren Dicken bevorzugt eingesetzt.

Die erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelemente zeichnen sich durch sehr gute Graustufenkapazität, eine geringe Abhängigkeit des Kontrasts vom Betrachtungswinkel, auch bei Farbdarstellung, mit einem großen Blickwinkelbereich und geringer Kontrastinversion sowie insbesondere durch sehr kurze Schaltzeiten aus. Insbesondere wird der inverse Kontrast, wie z. B. in DE 42 12 744 definiert, der z.B. in Anzeigen nach DE 30 22 818 auftritt, insbesondere bei größeren Betrachtungswinkeln  $\theta$ , deutlich verringert.

Als Abstandshalter können handelsübliche Spacer in Kugelform oder in Zylinderform sowohl aus Kunststoffen als auch aus anorganischen Materialien, wie z. B. Glasfaserabschnitten, bestehen. Ferner kommen als Abstandshalter mehr oder weniger regelmäßige, erhabene Strukturen auf bevorzugt einem der Substrate in Frage. Diese regelmäßigen, erhabenen Strukturen können verschiedene Formen haben, wie z. B. rechteckige, quadratische, ovale oder runde Säulen oder Pyramidenschäfte, aber auch streifen- oder wellenförmige Strukturen.

Die Flüssigkristallschaltelemente gemäß der vorliegenden Anmeldung weisen im Fall, daß es sich um reflektive Schaltelemente handelt, mindestens einen Polarisator und einen Reflektor auf, wobei sich mindestens ein Polarisator und der Reflektor auf den einander gegenüberliegenden Seiten (i.e. Substraten) der Flüssigkristallzelle befinden. Im Fall, daß es sich um transmissive oder um reflektive Schaltelemente handelt, weisen diese mindestens zwei Polarisatoren auf, von denen jeweils mindestens einer auf je einer der beiden gegenüberliegenden Seiten der Flüssigkristallzelle angeordnet ist (sogenannte Sandwich-Struktur). Bei den erwähnten, obligatorischen Polarisatoren handelt es sich bevorzugt um Linearpolarisatoren und besonders um Linearpolarisatoren mit hohem Polarisationsgrad.

Zusätzlich zu den obligatorischen Polarisatoren können die erfindungsgemäßen Schaltelemente einen oder mehrere weitere Polarisatoren enthalten. Dies können sogenannte „clean up“ Polarisatoren mit weniger hohem Polarisationsgrad aber großer Transmission sein. Aber insbesondere bei reflektiven Schaltelementen kann auch ein weiterer Polarisator mit hohem Polarisationsgrad vorhanden sein. Dieser ist bevorzugt zwischen der Flüssigkristallzelle und dem Reflektor angeordnet. Die Verwendung zusätzlicher Polarisatoren ist in der Regel jedoch weniger bevorzugt, da sie in den meisten Fällen zu einer Verringerung der Transmission führt. Sie ist jedoch insbesondere im Zusammenhang mit sogenannten Helligkeitserhöhenden Bauelementen, die z.B. cholesterische Polymerfilme enthalten können, üblich.

Bei transmissiven und transflektiven Anzeigen gemäß der vorliegenden Anmeldung sind die beiden obligatorischen Polarisatoren entweder gekreuzt oder parallel zueinander angeordnet. In dieser Anmeldung werden die Richtungen der Anordnung der Polarisatoren auf ihre Absorptionsachsen bezogen. Bevorzugt ist die gekreuzte Anordnung der Polarisatoren. Der Winkel der Absorptionsachsen zueinander ( $\Psi_{PP}$ ) ist bei gekreuzten Polarisatoren im Bereich von  $75^\circ$  bis  $105^\circ$ , bevorzugt von  $85^\circ$  bis  $95^\circ$ , besonders bevorzugt von  $88^\circ$  bis  $92^\circ$ , insbesondere bevorzugt von  $89^\circ$  bis  $91^\circ$  und ganz besonders bevorzugt  $90^\circ$  und bei parallelen Polarisatoren von  $-15^\circ$  bis  $15^\circ$ , bevorzugt von  $-5^\circ$  bis  $5^\circ$ , besonders bevorzugt von

-2° bis 2°, insbesondere bevorzugt von -1° bis 1° und ganz besonders bevorzugt 0°.

5 Der Winkel zwischen der Absorptionsachse des der Flüssigkristallschicht benachbarten Polarisators mit der Richtung der Orientierung des Direktors des Flüssigkristallmaterials im ungeschalteten (feldfreien) Zustand am benachbarten Substrat ( $\Psi_{PL}$ ) beträgt 35° bis 55°, bevorzugt 40° bis 50°, besonders bevorzugt 43° bis 47°, insbesondere 44° bis 46° und idealer Weise 45°. Dies gilt für unverdrillte Orientierung des Flüssigkristalls. Im Fall  
10 der verdrillten Orientierung des Flüssigkristalls ist die Bezugsrichtung für die Angabe des Winkels  $\Psi_{PL}$  die Projektion der Orientierung des Flüssigkristalldirektors in der Mitte zwischen den beiden Substraten der Zelle auf das dem Polarisator benachbarte Substrat. Bei Verwendung von weiteren doppelbrechenden Schichten und/oder von Kompensatoren zusätzlich zu  
15 den jenach Ausführungsform obligatorischen oder bevorzugten  $\lambda/4$ - bzw.  $\lambda/2$ -Schicht oder Schichten, können auch andere Winkel zwischen Polarisatorrichtung und Flüssigkristallorientierung eingesetzt werden. Diese sind jedoch in der Regel nicht bevorzugt.

20 Der Verdrillungswinkel ( $\phi$ ) der Flüssigkristallschicht zwischen den beiden Substraten beträgt, insbesondere bei Schaltelementen mit einer doppelbrechenden Schicht, insbesondere mit einer  $\lambda/4$ - oder  $\lambda/2$ -Schicht, oder mit mehreren doppelbrechenden Schichten, insbesondere mit zwei  $\lambda/4$ -Schichten, bevorzugt von -20° bis 20°, besonders bevorzugt von -10° bis  
25 10°, insbesondere bevorzugt von -5° bis 5°, ganz besonders bevorzugt von -2° bis 2° und am meisten bevorzugt von -1° bis 1°.

Für die bevorzugte Ausführungsform ohne doppelbrechende Schicht, also ohne  $\lambda/4$ - bzw.  $\lambda/2$ -Schicht oder Schichten, ist die Flüssigkristallschicht im wesentlichen unverdrillt und besonders bevorzugt unverdrillt. Ein Verdrillungswinkel ( $\phi$ ) von -6° bis 6° ist bevorzugt. Besonders bevorzugt beträgt  
30 der Verdrillungswinkel von -1,0° bis 1,0°, ganz besonders bevorzugt -0,5 bis 0,5, insbesondere bevorzugt 0,0°.

35 Die Orientierung der Flüssigkristallmaterialien an den Substratoberflächen

erfolgt nach üblichen Verfahren. Hierzu kann die Schrägbedampfung mit anorganischen Verbindungen, bevorzugt Oxiden wie  $\text{SiO}_x$ , die Orientierung auf antiparallel geriebenen Oberflächen, insbesondere auf antiparallel geriebenen Polymerschichten wie Polyimidschichten, oder Orientierung auf photopolymerisierten anisotropen Polymeren eingesetzt werden. Bei senkrechter Orientierung (Englisch: „vertical alignment“, kurz VA) können auch Lecithin oder oberflächenaktive Stoffe zu homöotropen Orientierung eingesetzt werden.

Die Flüssigkristallschaltelemente gemäß der vorliegenden Erfindung können mit den Produktionsverfahren in den Produktionsanlagen der bislang am weitesten verbreiteten Flüssigkristallschaltelemente, der TN- Flüssigkristallschaltelemente, hergestellt werden. Es sind insbesondere keine besonderen Anstrengungen bezüglich der Orientierung des Flüssigkristalldirektors wie z. B. bei STN (hoher Tilt-Winkel) oder bei VAN (homöotrope Orientierung) nötig. Außerdem kann, im Gegensatz zu TN, IPS mit verdrehtem Ausgangszustand und insbesondere zu STN auf Zusatzstoffe wie chirale Dotierstoffe weitestgehend und oft sogar vollständig verzichtet werden. Somit entfällt ein weiterer, teilweise schwierig zu kontrollierender Prozeßparameter.

Der Oberflächenanstellwinkel an den Substraten ( $\varphi_0$ , auch Englisch: Tiltwinkel oder kurz Tilt genannt) liegt im Bereich von  $0^\circ$  bis  $15^\circ$ , bevorzugt im Bereich von  $0^\circ$  bis  $10^\circ$ , besonders bevorzugt im Bereich von  $0,1^\circ$  bis  $5^\circ$  und insbesondere bevorzugt im Bereich von  $0,2^\circ$  bis  $5^\circ$  und am meisten bevorzugt im Bereich von  $0,3^\circ$  bis  $3^\circ$ . Der Oberflächenanstellwinkel an der Orientierungsschicht an mindestens einer der Substratoberflächen beträgt von  $0,5^\circ$  bis  $3^\circ$ . Bevorzugt ist der Anstellwinkel an beiden Substraten im wesentlichen identisch.

Die Elektroden auf den Substraten sind, zumindestens auf einem der Substrate und bevorzugt auf beiden Substraten, lichtdurchlässig. Als Material für die Elektroden wird bevorzugt Indiumzinnoxid (ITO) eingesetzt, jedoch können auch Aluminium, Kupfer, Silber und/oder Gold verwendet werden.

Da bei den erfindungsgemäßen Flüssigkristallanzeigeelementen der Oberflächenanstellwinkel klein sein kann, ist die Verwendung von anisotrop photopolymerisierbaren Materialien, wie z. B. Zimtsäurederivaten, die sogenannte „Photo-Orientierung“ besonders vorteilhaft einzusetzen.

5

Dies gilt insbesondere für eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Flüssigkristallanzeigeelemente die Ausführungsform mit Multidomänenschaltelementen. Hierbei sind die einzelnen Flüssigkristallschaltelemente bzw. ihre einzelnen Anzeigeelektroden (auch Bildelemente, Englisch pixels genannt) in Unterbereiche mit verschiedener Orientierung des Flüssigkristalldirektors, zumindest im geschalteten Zustand, in der Regel aber auch im ungeschalteten Zustand, sogenannten Domänen, aufgeteilt. Diese Domänen mit unterschiedlicher Orientierung im geschalteten Zustand können z. B. durch unterschiedliche Oberflächenanstellwinkel oder durch unterschiedliche Vorzugsorientierungen auf den Substraten induziert werden. Sie können aber auch durch entsprechende ausreichend schräg orientierte, elektrische Felder, etwa durch geschlitzte Elektroden, oder durch nichtplanare Oberflächentopographien induziert werden. Insbesondere bei der Induktion der Domänen durch nicht senkrecht zu den Substraten stehende, elektrische Felder aber auch bei nicht ebenen Oberflächentopographien ist meistens ein möglichst kleiner Oberflächenanstellwinkel, möglichst von  $0^\circ$ , bevorzugt, wie er leicht mittels Photoorientierung erreicht werden kann. Die einzelnen Bildelemente der Multidomänenschaltelemente enthalten bevorzugt zwei oder mehrere, bevorzugt gerade vielfache von zwei, ganz besonders bevorzugt zwei oder vier Domänen. Die Anstell-(Tilt-)winkel des Flüssigkristalldirektors in der Mitte der Flüssigkristallschicht ( $\varphi_M$ , Englisch: midplane tilt angle) dieser Domänen im geschalteten Zustand sind einander bevorzugt paarweise entgegengesetzt. Dadurch wird erreicht, daß sich die Blickwinkelabhängigkeiten der auch als sub-pixel bezeichneten Domänen gegenseitig aufheben und sich der unerwünschte Effekt wegmittelt. Die an den Domänengrenzen auftretenden, das Licht streuenden Disklinationen, werden zur Verbesserung des Kontrasts durch eine entsprechende Maske, bevorzugt eine schwarze Maske, abgedeckt. Durch entsprechende Ausgestaltung der die Domänen induzierenden Struktur oder Strukturen, sowie der Maske, kann die Ein-

35

schränkung der Lichtausbeute durch das verringerte Öffnungsverhältnis möglichst gering gehalten werden.

5 Die größeren der bevorzugten Oberflächenanstellwinkel sind besonders vorteilhaft für die Definition des bevorzugten Quadranten, also des Quadranten in dem der beste Kontrast beobachtet wird. Sie führen insbesondere zu einer Unterdrückung von Bereichen mit verkehrtem Anstellwinkel („reverse tilt domains“), die bei Anlegen von nicht orthogonalen Feldern besonders leicht auftreten.

10 Als aktive elektrische Schaltelemente der Aktiven Matrix kommen sowohl zweipolige Strukturen wie Dioden, z. B. MIM Dioden oder back to back Dioden gegebenenfalls mit „reset“, als auch dreipolige Strukturen wie Transistoren, z. B. Dünnschichttransistoren (TFTs von „thin film transistors“) oder  
15 Varistoren zur Anwendung. Für die Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen gemäß der vorliegenden Anmeldung werden TFTs bevorzugt. Das aktive Halbleitermedium dieser TFTs ist amorphes Silizium (a-Si), polykristallines Silizium (poly-Si) oder Cadmiumselenid (CdSe), bevorzugt a-Si oder poly-Si. Hierbei bezeichnet poly-Si gleichermaßen Hochtemperatur- und Nieder-  
20 temperatur-poly-Si.

Bei Flüssigkristallschaltelementen nach einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat die Flüssigkristallschicht bevorzugt eine optische Verzögerung ( $d \cdot \Delta n$ ) von 0,14  $\mu\text{m}$  bis 0,42  $\mu\text{m}$ , besonders  
25 bevorzugt von 0,22  $\mu\text{m}$  bis 0,34  $\mu\text{m}$ , insbesondere bevorzugt von 0,25  $\mu\text{m}$  bis 0,31  $\mu\text{m}$ , ganz besonders bevorzugt von 0,27  $\mu\text{m}$  bis 0,29  $\mu\text{m}$  und idealerweise von 0,28  $\mu\text{m}$ .

30 Hierzu werden bevorzugt Flüssigkristallmaterialien mit kleiner Doppelbrechung  $\Delta n$  eingesetzt. Die Doppelbrechung der Flüssigkristallmaterialien beträgt bevorzugt 0,02 bis 0,09, besonders bevorzugt 0,04 bis 0,08, insbesondere bevorzugt 0,05 bis 0,075, ganz besonders bevorzugt 0,055 bis 0,070 und idealer Weise ca. 0,060 bis 0,065.

35



Die Schichtdicke der Flüssigkristallschicht beträgt bevorzugt 1  $\mu\text{m}$  bis 10  $\mu\text{m}$ , bevorzugt 2  $\mu\text{m}$  bis 7  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt 3  $\mu\text{m}$  bis 6  $\mu\text{m}$  und insbesondere bevorzugt 4  $\mu\text{m}$  bis 5  $\mu\text{m}$ .

- 5 Bei Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen mit Flüssigkristallzellen mit einer Diagonale bis zu 6" sind Schichtdicken der Flüssigkristallschicht von 1  $\mu\text{m}$  bis 4  $\mu\text{m}$  und besonders von 2  $\mu\text{m}$  bis 3  $\mu\text{m}$  bevorzugt. Bei Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen mit Flüssigkristallzellen mit einer Diagonale ab 10" sind Schichtdicken der Flüssigkristallschicht von 3  $\mu\text{m}$  bis 10 6  $\mu\text{m}$  und besonders von 4  $\mu\text{m}$  bis 5  $\mu\text{m}$  bevorzugt.

Für diese bevorzugte Ausführungsform gibt es zwei verschiedene bevorzugte Unterformen.

- 15 In der ersten dieser bevorzugten Unterausführungsformen der vorliegenden Erfindung hat die Flüssigkristallschicht eine optische Verzögerung ( $d \cdot \Delta n$ ) von 0,20  $\mu\text{m}$  bis 0,37  $\mu\text{m}$ , bevorzugt von 0,25  $\mu\text{m}$  bis 0,32  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt von 0,26  $\mu\text{m}$  bis 0,30  $\mu\text{m}$ , ganz besonders bevorzugt von 0,27  $\mu\text{m}$  bis 0,29  $\mu\text{m}$ , und am meisten bevorzugt von 0,28  $\mu\text{m}$ .

- 20 In dieser bevorzugten Unterausführungsform benötigt das Anzeigeelement überraschender Weise bei einigen Anwendungen keine  $\lambda/4$ -Schicht. Es ist trotzdem bei entsprechender Polarisatorstellung, bevorzugt im Winkel von im wesentlichen  $45^\circ$  zur Flüssigkristallvorzugsrichtung, durch gute Helligkeit, hervorragenden Kontrast und exzellente Blickwinkelabhängigkeit und 25 sehr gute Graustufen- sowie Farbstufendarstellung charakterisiert. Ohne  $\lambda/4$ -Schicht wird ein sehr breites Blickwinkelgebiet für den Betrachtungswinkel  $\Theta$  erzielt, allerdings nicht für alle Betrachtungswinkel  $\Phi$ . Im Gegensatz dazu ist das Blickwinkelgebiet bei den Schaltelementen mit  $\lambda/4$ - 30 Schicht deutlich mehr zentrosymmetrisch, reicht also bei allen Betrachtungswinkeln  $\Phi$  bis zu ähnlichen, großen Werten des Betrachtungswinkels  $\Theta$  (vergleiche hierzu auch Abbildungen 9a) und 9b) zu Beispielen 1 und 2).

- 35 In der zweiten dieser bevorzugten Unterausführungsformen der vorliegenden Erfindung enthalten die Anzeigeelemente bevorzugt eine  $\lambda/4$ -Schicht und die Flüssigkristallschicht hat eine optische Verzögerung  $[(d \cdot \Delta n)_{LC}]$  von

0,10  $\mu\text{m}$  bis 0,45  $\mu\text{m}$ , bevorzugt von 0,20  $\mu\text{m}$  bis 0,37  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt von 0,25  $\mu\text{m}$  bis 0,32  $\mu\text{m}$ , ganz besonders bevorzugt von 0,26  $\mu\text{m}$  bis 0,30  $\mu\text{m}$ , insbesondere besonders bevorzugt von 0,27  $\mu\text{m}$  bis 0,29  $\mu\text{m}$ , und am meisten bevorzugt von 0,28  $\mu\text{m}$ . Somit verhält sich die Flüssigkristallschicht im ungeschalteten Zustand annähernd wie eine  $\lambda/2$ -Schicht. Weiterhin bevorzugt ist hier eine Ausführung bei der  $(d \cdot \Delta n)_{\text{LC}}$  von 0,28  $\mu\text{m}$  verschieden ist und zwar bevorzugt im Bereich von 0,10  $\mu\text{m}$  bis 0,27  $\mu\text{m}$  oder 0,30  $\mu\text{m}$  bis 0,45  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt von 0,14  $\mu\text{m}$  bis 0,25  $\mu\text{m}$  oder 0,32  $\mu\text{m}$  bis 0,42  $\mu\text{m}$ , ganz besonders bevorzugt von 0,22  $\mu\text{m}$  bis 0,25  $\mu\text{m}$ , oder von 0,32  $\mu\text{m}$  bis 0,34  $\mu\text{m}$ .

In der vorliegenden Anmeldung bezieht sich die Wellenlänge  $\lambda$  immer bevorzugt auf die Wellenlänge der maximalen Empfindlichkeit des menschlichen Auges, auf 554 nm, sofern nicht explizit anders angegeben.

Die Begriffe  $\lambda/4$ -Schicht und  $\lambda/4$ -Platte, bzw.  $\lambda/2$ -Schicht und  $\lambda/2$ -Platte werden in der vorliegenden Anmeldung in der Regel gleichbedeutend verwendet. Der Begriff  $\lambda$  in  $\lambda/4$ -Schicht, sowie  $\lambda/2$ -Schicht bedeutet eine Wellenlänge im Bereich von  $\lambda \pm 30\%$ , bevorzugt  $\lambda \pm 20\%$ , besonders bevorzugt  $\lambda \pm 10\%$ , insbesondere bevorzugt  $\lambda \pm 5\%$  und ganz besonders bevorzugt  $\lambda \pm 2\%$ . Hierbei beträgt, wenn nicht anders angegeben, die Wellenlänge 554 nm. Die Wellenlänge der  $\lambda/4$ -Schicht bzw.  $\lambda/2$ -Schicht wird generell und insbesondere im Fall einer merklichen spektralen Verteilung als deren Zentralwellenlänge angegeben.

Die  $\lambda/4$ -Schicht, bzw.  $\lambda/2$ -Schicht ist eine anorganische Schicht oder bevorzugt eine organische Schicht, z. B. aus einem doppelbrechenden Polymer, z. B. verstreckten Filmen (PET) oder flüssigkristallinen Polymeren.

Der Einsatz besonders der kleineren der bevorzugten Schichtdicken der Flüssigkristallschicht ist bevorzugt im Hinblick auf die dadurch erreichbaren vorteilhaften kleinen Schaltzeiten. Darüber hinaus erlaubt er eher den Einsatz konventioneller Flüssigkristallmaterialien oder stellt zumindest geringere Anforderungen bezüglich der oftmals schwierigen Realisierung der kleinen  $\Delta n$  Werte.

Im Gegensatz dazu ist der Einsatz von Flüssigkristallmaterialien mit besonders kleinem  $\Delta n$  bevorzugt im Hinblick auf die geringere Schichtdickenabhängigkeit des Kontrastes und des Hintergrundfarbtons der Flüssigkristallschaltelemente. Darüberhinaus ist besonders bei Flüssigkristallzellen mit größeren Diagonalen die Produktion der Anzeigeelemente in dieser Ausgestaltungsform mit deutlich größeren Ausbeuten möglich..

Für einen weiten Arbeitstemperaturbereich sind Flüssigkristallmaterialien mit einem relativ hohen Klärpunkt besonders bevorzugt, da die Wirkung der  $\lambda/4$ -Schicht, wegen der Temperaturabhängigkeit der Doppelbrechung der Flüssigkristallmaterialien [ $\Delta n_{LC}(T)$ ] deutlich temperaturabhängig ist und  $\Delta n_{LC}(T)$  bei Flüssigkristallmaterialien mit einem hohen Klärpunkt relativ niedrig ist. Somit wird die Temperaturabhängigkeit der gesamten optischen Anordnung relativ klein gehalten und kann so, wenn erforderlich, auch leichter kompensiert werden.

In einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat die Flüssigkristallschicht eine optische Verzögerung von  $0,07 \mu\text{m}$  bis  $0,21 \mu\text{m}$ , bevorzugt von  $0,11 \mu\text{m}$  bis  $0,17 \mu\text{m}$ , besonders bevorzugt von  $0,12 \mu\text{m}$  bis  $0,16 \mu\text{m}$ , insbesondere bevorzugt von  $0,13 \mu\text{m}$  bis  $0,15 \mu\text{m}$  und ganz besonders bevorzugt von  $0,14 \mu\text{m}$ . Bei dieser bevorzugten Ausführungsform weist das Anzeigeelement bevorzugt zusätzlich zur Flüssigkristallschicht mindestens eine doppelbrechende Schicht, bevorzugt eine  $\lambda/2$ -Schicht oder zwei  $\lambda/4$ -Schichten auf.

Hierzu werden auch bevorzugt Flüssigkristallmaterialien mit kleiner Doppelbrechung  $\Delta n$  eingesetzt. Die Doppelbrechung der Flüssigkristallmaterialien beträgt bevorzugt  $0,02$  bis  $0,09$ , besonders bevorzugt  $0,04$  bis  $0,08$ , insbesondere bevorzugt  $0,05$  bis  $0,07$ , ganz besonders bevorzugt  $0,055$  bis  $0,065$  und idealer Weise ca.  $0,060$ .

Die Schichtdicke der Flüssigkristallschicht beträgt bevorzugt  $0,5 \mu\text{m}$  bis  $7 \mu\text{m}$ , bevorzugt  $1 \mu\text{m}$  bis  $5 \mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $1,5 \mu\text{m}$  bis  $4 \mu\text{m}$  und insbesondere bevorzugt  $2 \mu\text{m}$  bis  $2,5 \mu\text{m}$ . Hierbei sind insbesondere Anzeigen mit Flüssigkristallzellen mit kleineren Diagonalen insbesondere im Bereich von  $0,5''$  bis  $6''$ , besonders im Bereich von  $1''$  bis  $4''$  bevorzugt.

5 In dieser zweiten bevorzugten Ausführungsform enthalten die Flüssigkristallschaltelemente bevorzugt zwei  $\lambda/4$ -Schichten oder, besonders bevorzugt, eine  $\lambda/2$ -Schicht. Die beiden  $\lambda/4$ -Schichten können auf verschiedenen Seiten der Flüssigkristallschicht verwendet werden, sie können sich jedoch auch auf der selben Seite der Flüssigkristallschicht befinden.

10 Insbesondere wenn die optische Verzögerung der Flüssigkristallschicht  $[(d \cdot \Delta n)_{LC}]$  deutlich verschieden ist von  $0,14 \mu m$ , besonders wenn sie im Bereich von  $0,07 \mu m$  bis  $0,12 \mu m$  oder von  $0,16 \mu m$  bis  $0,21 \mu m$  liegt, ist der Einsatz von zwei  $\lambda/4$ -Schichten, bzw. einer  $\lambda/2$ -Schicht nötig.

15 Diese zweite bevorzugte Ausführungsform stellt hohe Anforderungen sowohl bezüglich der Doppelbrechung des Flüssigkristallmaterials, als auch bezüglich der Schichtdicke der Flüssigkristallschicht. Die Anforderungen an die Schichtdicke der Flüssigkristallschicht werden jedoch durch die geringere Schichtdickenabhängigkeit der optischen Eigenschaften der Schaltelemente etwas gemildert. Bei kleinflächigen Flüssigkristallzellen ist überdies die Schichtdickentoleranz leichter einzuhalten. Darüberhinaus haben  
20 die dünnen Flüssigkristallzellen dieser bevorzugten Ausführungsform extrem kurze kurze Schaltzeiten.

Die Flüssigkristallschaltelemente gemäß der vorliegenden Anmeldung können transmissiv, transflektiv oder reflektiv betrieben werden. Bevorzugt  
25 ist die transmissive oder transflektive, besonders bevorzugt die transmissive Betriebsweise.

Transflektive Anzeigen ermöglichen es den Vorteile einer geringen Leistungsaufnahme der reflektiven Anzeigen mit dem einer guten Ablesbarkeit  
30 bei geringer Umgebungshelligkeit der transmissiven Anzeigen mit Hintergrundbeleuchtung zu verbinden.

Als Reflektoren können dielektrische oder metallische Schichten verwendet werden. Metallische Reflektorschichten sind bevorzugt. Bei Verwendung von metallischen Reflektoren kann eine größere Variation der optischen Verzögerung der Flüssigkristallschicht toleriert werden. Wird ein  
35

dielektrischer Spiegel verwendet ist die optische Verzögerung der Flüssigkristallschicht insbesondere bei den Schaltelementen ohne doppelbrechende Schicht im wesentlichen  $\lambda/4$ . Bei der Verwendung eines zweiten Li-  
 nearpolarisators, zwischen der Flüssigkristallschicht und dem Reflektor  
 wird bevorzugt ein dielektrischer Reflektor verwendet, welcher bevorzugt einen geringen Anteil an depolarisierter Reflektion aufweist.

Besonders bevorzugte Kombinationen der optischen Verzögerung der Flüssigkristallschicht und der doppelbrechenden Schicht sind in folgenden  
 Tabelle (Tabelle 1) zusammengestellt. In dieser Tabelle sind auch die bevorzugten Stellungen der Polarisatoren sowohl zueinander, als auch zur Vorzugsrichtung der Flüssigkristalle angegeben.

Tabelle 1: Bevorzugten Parameterkombinationen

A) Transmissives oder transflektives Schaltelement

(dΔn) <sub>LC</sub> / μm	Doppel- brechende Schicht	Ψ <sub>PP</sub> / °		Ψ <sub>PL</sub> / °	
			Bevorzugt		bevorzugt
0,220 bis 0,276	λ/4-Platte obligatorisch	0 bis 10	90 bis 70	45 +/- 10	45 +/- 5
0,277	λ/4-Platte bevorzugt	0 +/- 5	90 +/- 5	45 +/- 10	45 +/- 5
0,278 bis 0,335	λ/4-Platte obligatorisch	0 bis 15	90 bis 110	45 +/- 10	45 +/- 5
0,110 bis 0,138	λ/2-Platte obligatorisch	0 bis 15	90 bis 70	45 +/- 10	45 +/- 5
0,1385	λ/2-Platte bevorzugt	0 +/- 5	90 +/- 5	45 +/- 10	45 +/- 5
0,139 bis 0,168	λ/2-Platte obligatorisch	0 bis 15	90 bis 110	45 +/- 10	45 +/- 5

## B) Reflektives Schaltelement mit zwei Polarisatoren

$(d\Delta n)_{LC} / \mu m$	Doppelbrechende Schicht	$\Psi_{PP} / ^\circ$	$\Psi_{PL} / ^\circ$ bevorzugt
0,110 bis 0,138	$\lambda/4$ -Platte obligatorisch	90 bis 70	45 +/- 5
0,1385 +/- 0,0004	$\lambda/4$ -Platte bevorzugt	90 +/- 5	45 +/- 5
0,139 bis 0,168	$\lambda/4$ -Platte obligatorisch	90 bis 110	45 +/- 5

## C) Reflektives Schaltelement mit einem Polarisator

$(d\Delta n)_{LC} / \mu m$	Doppelbrechende Schicht	$\Psi_{PL} / ^\circ$
0,110 bis 0,138	$\lambda/4$ -Platte obligatorisch	45 +/- 5
0,1385 +/- 0,0004	$\lambda/4$ -Platte bevorzugt	45 +/- 5
0,139 bis 0,168	$\lambda/4$ -Platte obligatorisch	45 +/- 5

Bemerkung: der Begriff  $\lambda/2$ -Platte in der obigen Tabelle schließt zwei  $\lambda/4$ -Platten ausdrücklich mit ein.

Der Winkel  $\Psi_{PD}$  beträgt bevorzugt  $0^\circ \pm 5^\circ$ , besonders bevorzugt  $0^\circ \pm 2^\circ$  und ganz besonders bevorzugt  $0^\circ \pm 1^\circ$ .

In der folgenden Tabelle (Tabelle 2) sind bevorzugte Kombinationen der optischen Verzögerungen der Flüssigkristallschicht und, soweit vorhanden, der doppelbrechenden Schicht mit den Verdrillungswinkeln der Flüssigkristallschicht zusammengestellt.

Tabelle 2: Bevorzugten Parameterkombinationen

## A) Transmissives oder transflektives Schaltelement mit doppelbrechender Schicht

$(d\Delta n)_{LC}$	$(d\Delta n)_{DS}$	$\phi / ^\circ$		
			bevorzugt	bes. bev.
$\lambda / 2$	$\lambda / 4$	0 +/- 20	0 +/- 8	0 +/- 4
$\lambda / 4$	$\lambda / 2$	0 +/- 20	0 +/- 8	0 +/- 4
$\lambda / 4$	$2 * (\lambda / 4)$	0 +/- 20	0 +/- 8	0 +/- 4

B) Transmissives oder transflektives Schaltelement ohne doppelbrechende Schicht

$(d \cdot \Delta n)_{LC} / \lambda$		$\phi / ^\circ$		
ungeschaltet	geschaltet		bevorzugt	bes. bev.
1 / 2	0	0 +/- 6	0 +/- 0,5	0 +/- 0,3
1 / 4	0	0 +/- 6	0 +/- 0,5	0 +/- 0,3

Die Flüssigkristallschaltelemente gemäß der vorliegenden Erfindung wirken beim Anlegen einer Spannung als Lichtventile. Dies ist für die Flüssigkristallschaltelemente der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung z. B. in Abbildungen 1 und 2 dargestellt. Bei gekreuzten Polarisatoren ist das Schaltelement im spannungsfreien Zustand, dem „Aus-Zustand“ lichtdurchlässig („normally white“ oder auch positiver Kontrast genannt). Mit steigender angelegter Spannung wird zunächst eine Schwelle erreicht, ab der die Transmission abzunehmen beginnt. Dann nimmt die Transmission über einen relativ weiten Bereich der Spannung nahezu linear mit steigender Spannung ab. Mit höherer Spannung strebt die Transmission einem Grenzwert zu, es wird eine Sättigung erreicht.

Bevorzugt werden die Flüssigkristallschaltelemente so angesteuert, daß die optische Verzögerung der Flüssigkristallschicht beim vollständigen Schalten auf 0 nm oder zumindest im wesentlichen auf 0 nm geht. Dies schließt selbstverständlich nicht die Ansreuerung von Graustufen mit den dafür benötigten Zwischenwerten aus.

Es versteht sich von selbst, daß zur weiteren Verbesserung der optischen Eigenschaften, die Anzeigeelemente gemäß der vorliegenden Erfindung weitere optische Schichten enthalten können. Diese Schichten können etwa Kompensationsschichten sein, die insbesondere bei Anzeigeelementen mit von 0° verschiedener Verdrillung der Flüssigkristallschicht eingesetzt werden, oder auch das Licht, z. B. einer Hintergrundbeleuchtung, kollimierende Filme wie die sogenannte „brightness enhancement films“ (BEF) oder cholesterische Zirkularpolarisatoren zur Ausnutzung der sonst vom Polarisator absorbierten Hälfte des Lichts der Hintergrundbeleuchtung.

Die Darstellung von farbigen Bildern mit den Anzeigeelementen gemäß der vorliegenden Erfindung ist auf verschiedene Art möglich. Bevorzugt wird eine Hintergrundbeleuchtung mit annähernd weißer Spektralverteilung verwendet und die Farbzerlegung durch einen Farbfilter vorgenommen.

5 Die einzelnen Flüssigkristallschaltelemente werden dann als Lichtventile für die jeweiligen Grundfarben eingesetzt. Die Hintergrundbeleuchtung kann auch so an die spektrale Charakteristik des Farbfilters angepaßt sein, daß sie entsprechende Intensitätsmaxima in den jeweiligen Transmissionsbereichen hat. Die Farbdarstellung kann jedoch auch durch Doppelbrechungseffekte erreicht werden.

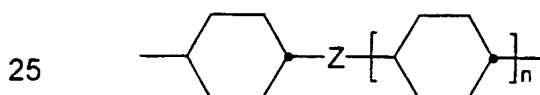
10

Bevorzugt arbeiten die erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelemente und insbesondere die reflektiven Schaltelemente im „normally white mode“ (zur Polarisatorstellung vergleiche Abbildung 3 und die zugehörige Beschreibung).

15

Flüssigkristallmischungen, die in den erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelementen verwendet werden, enthalten bevorzugt aus 3 bis 27, besonders bevorzugt 10 bis 21 und ganz besonders bevorzugt 12 bis 18 Einzelverbindungen. Die bevorzugt eingesetzten Einzelverbindungen enthalten bevorzugt jeweils eine 1,4'-*trans-trans*-Bicyclohexyleneinheit der Teilformel i:

20



mit

Z eine Einfachbindung, -CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>- oder -CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>- und  
 n 1 oder 2.

30

Hierbei können bei einem der Cyclohexanringe auch eine oder bevorzugt zwei nicht benachbarte -CH<sub>2</sub>- Gruppen durch Sauerstoffatome oder zwei benachbarte -CH<sub>2</sub>- Gruppen durch eine -CH=CH-Gruppe ersetzt sein.

35

Im Fall von Verbindungen mit insgesamt nur zwei sechsgliedrigen Ringen kann gegebenenfalls auch einer der beiden Cyclohexanringe durch, gege-



begebenfalls auch zweifach oder bevorzugt einfach lateral fluoriertes, 1,4-Phenylen ersetzt sein.

5 Bevorzugt enthalten die Flüssigkristallmischungen eine oder mehrere Verbindungen mit einer Struktureinheit der Formel i, worin n 2 ist.

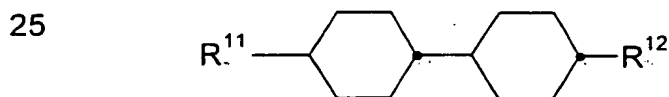
Die in den erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelementen verwendeten Flüssigkristallmischungen enthalten bevorzugt

- 10
- eine Komponente A bestehend aus Verbindungen mit 2 sechsgliedrigen Ringen,
  - eine Komponente B bestehend aus Verbindungen mit 3 sechsgliedrigen Ringen und gegebenenfalls
  - eine Komponente C bestehend aus Verbindungen mit 4 sechsgliedrigen Ringen.
- 15

Bevorzugt bestehen die Flüssigkristallmischungen im wesentlichen aus den Komponenten A, B und gegebenenfalls C.

20 Besonders bevorzugte Flüssigkristallmischungen enthalten eine oder mehrere

- dielektrisch neutrale Verbindungen der Formel I



worin

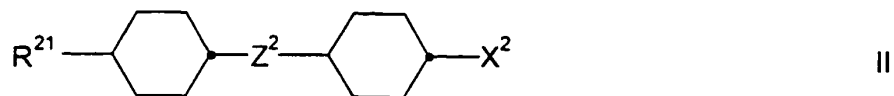
30  $\text{R}^{11}$  n-Alkyl mit 1 bis 5 C-Atomen,

$\text{R}^{12}$  n-Alkyl mit 1 bis 5 C-Atomen, 1E-Alkenyl, bevorzugt Vinyl oder n-Alkoxy mit 1 bis 6 C-Atomen

35 bedeutet,

- optional dielektrisch positive Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Formeln II und II'

5



worin

10

$\text{R}^{21}$  n-Alkyl oder 1E-Alkenyl mit 3 bis 7 bzw. 2 bis 8, bevorzugt 5 bis 7 bzw. 4 bis 6 C-Atomen,

$\text{Z}^2$  eine Einfachbindung oder  $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$

15

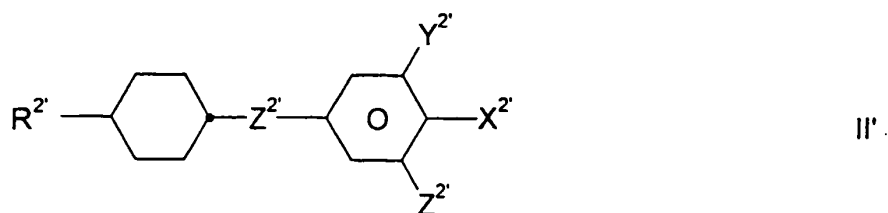
und

$\text{X}^2$   $\text{OCF}_3$ ,  $\text{CF}_3$  oder  $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$ , bevorzugt  $\text{CF}_3$  oder  $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$

20

bedeuten,

25



worin

30

$\text{R}^{2'}$  n-Alkyl oder 1E-Alkenyl mit 3 bis 7 bzw. 2 bis 8, bevorzugt mit 5 bis 7 bzw. 4 bis 6 C-Atomen,

$\text{Z}^{2'}$  eine Einfachbindung oder  $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$ ,

35

$\text{X}^{2'}$   $\text{OCF}_2\text{H}$ ,  $\text{OCF}_3$  oder F, bevorzugt F,

und

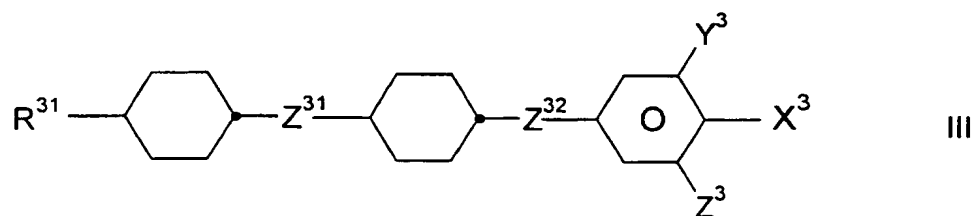
$Y^{2'}$  und  $Z^{2'}$  unabhängig voneinander H oder F,

5 bedeuten,

und

- Verbindungen der Formel III

10



15

worin

$R^{31}$  n-Alkyl oder 1E-Alkenyl mit 2 bis 7, bevorzugt 2 bis 5 C-  
20 Atomen,

20

$Z^{31}$  und  $Z^{32}$  jeweils eine Einfachbindung von  $Z^{31}$  und  $Z^{32}$  und -  
25  $CH_2CH_2$ - oder  $-CF_2CF_2$ - bevorzugt  $-CH_2CH_2$ - bedeuten  
kann, besonders bevorzugt jedoch beide eine Einfachbin-  
dung,

25

$X^3$   $OCF_2$ ,  $OCF_3$  oder F,

$Y^3$  und  $Z^3$  unabhängig voneinander H oder F,

30

im Fall

$X^3 = OCF_2$  bevorzugt beide  $Y^3$  und  $Z^3$  F,

im Fall

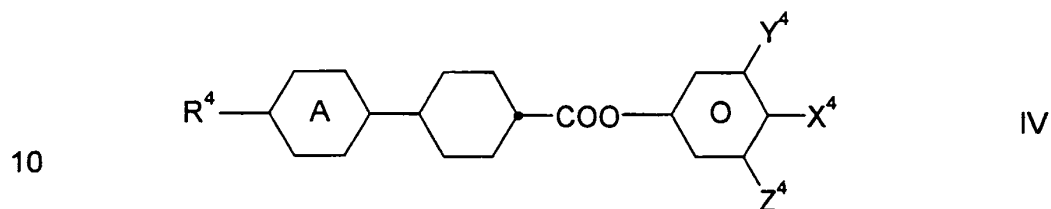
$X^3 = F$  bevorzugt beide  $Y^3$  und  $Z^3$  F,

35

im Fall

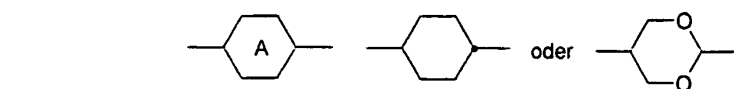
$X^3 = OCF_3$  bevorzugt einer von  $Y^3$  und  $Z^3$  F, der andere H,

- 5 - optional eine oder mehrere Verbindungen ausgesucht aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln IV und V



worin

- 15  $R^4$  n-Alkyl oder 1E-Alkenyl mit 2 bis 5, bevorzugt mit 2 bis 5 C-Atomen



$X^4$   $OCF_2H$ ,  $OCF_3$  oder F, bevorzugt F oder  $OCF_3$ ,

$Y^4$  und  $Z^4$  unabhängig voneinander H oder F,

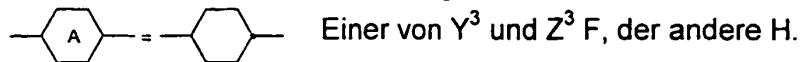
25 im Fall

$X = F$  und

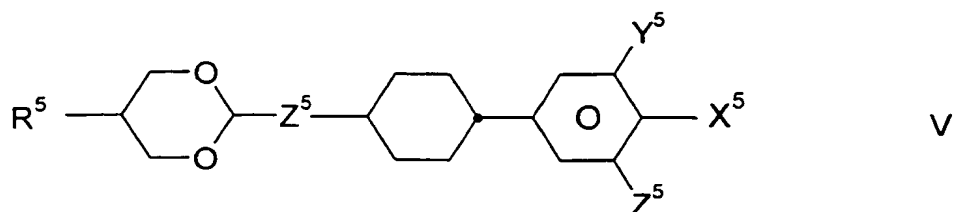


30 im Falle

$X = OCF_3$  und besonders bevorzugt im Fall



35



10 worin

$R^5$  n-Alkyl oder 1E-Alkenyl mit 2 bis 5 C-Atomen

$Z^{51}$  eine Einfachbindung oder  $-CH_2CH_2-$ ,

$X^5$  F,  $OCF_3$  oder  $OCF_2H$ ,

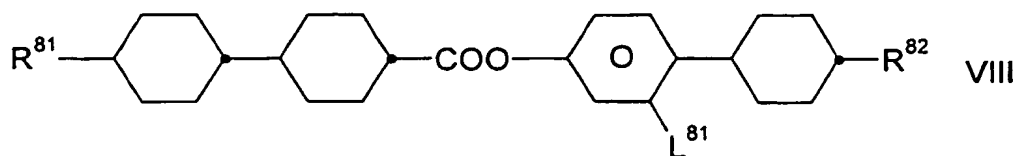
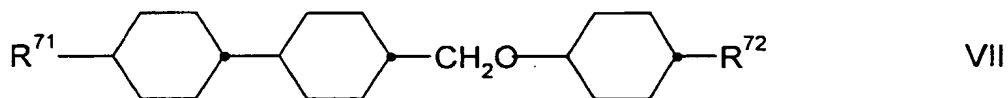
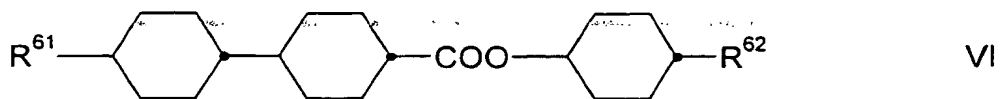
15  $Y^5$  und  $Z^5$  unabhängig voneinander H oder F,

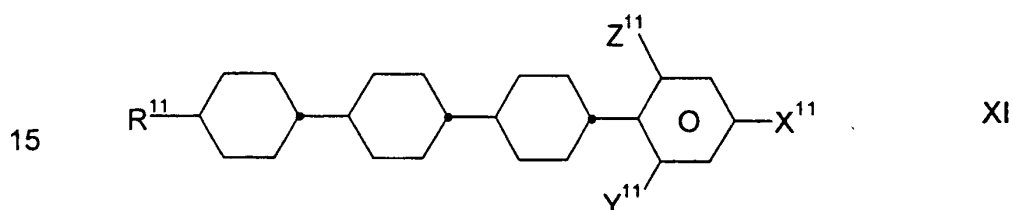
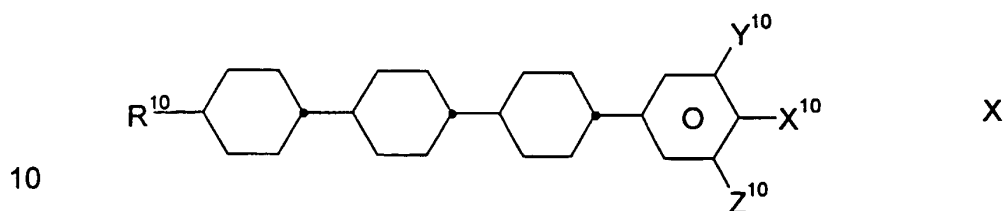
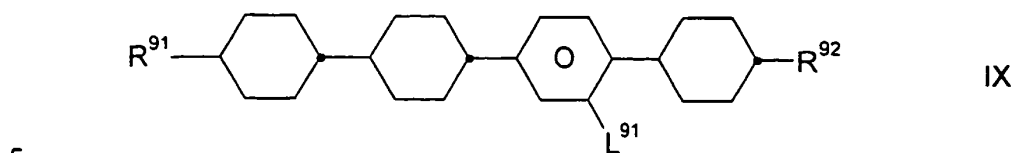
bevorzugt

20  $X^5$ ,  $Y^5$  und  $Z^5$  alle F

bedeuten

- optional eine oder mehrere Verbindungen mit hohem Klärpunkt ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln VI bis XI





20 worin  $R^{71}$  und  $R^{72}$ ,  $R^{81}$  und  $R^{82}$ ,  $R^{91}$  und  $R^{92}$ ,  $R^{10}$  sowie  $R^{11}$  jeweils unabhängig voneinander die oben bei Formeln I für  $R^{11}$  und  $R^{12}$  gegebene Bedeutung haben ,

$L^{81}$ ,  $L^{91}$  H oder F bedeuten und

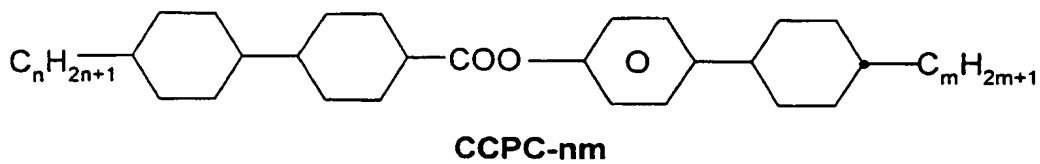
25  $X^{10}$ ,  $Y^{10}$  und  $Z^{10}$  sowie  $X^{11}$ ,  $Y^{11}$  und  $Z^{11}$  jeweils unabhängig voneinander die oben bei Formeln III für  $X^3$ ,  $Y^3$ , und  $Z^3$  gegebene Bedeutung haben.

30 Bevorzugt enthalten die Flüssigkristallmischungen gemäß der vorliegenden Anmeldung 4 bis 36 Verbindungen, besonders bevorzugt 6 bis 25 Verbindungen und ganz besonders bevorzugt 7 bis 20 Verbindungen.

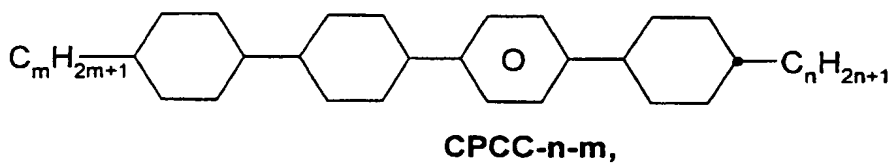
35 Besonders bevorzugte Flüssigkristallmischungen enthalten eine oder mehrere Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der folgenden Verbindungen der Tabelle 3 und insbesondere bevorzugt jeweils eine oder mehrere Verbindungen von mindestens drei, bevorzugt von mindestens vier, verschiedenen der in der folgenden Tabelle 3 aufgeführten Formeln.

Tabelle 3: Bevorzugte Verbindungen

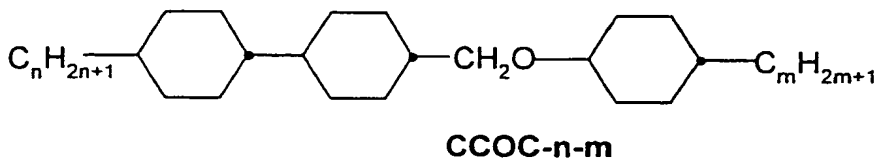
5



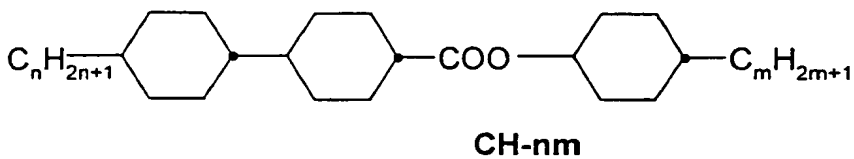
10



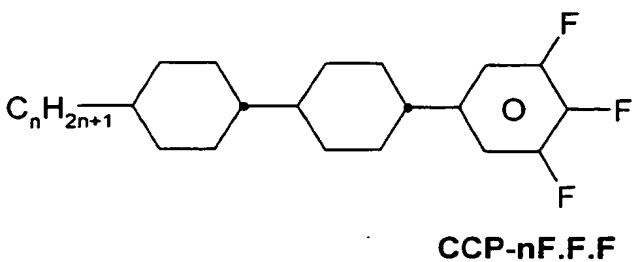
15



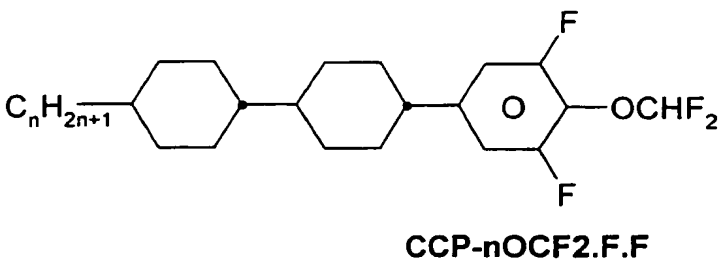
20



25

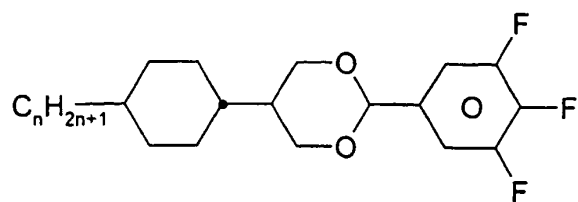


30



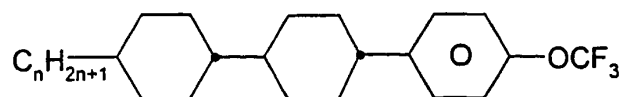
35

5

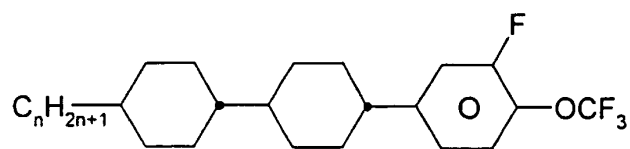


CDU-n-F

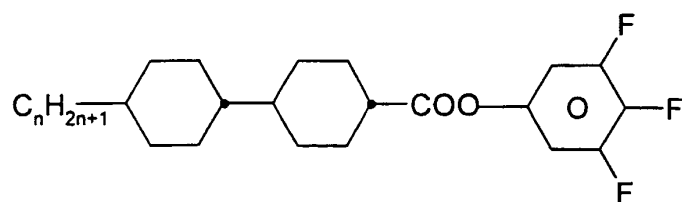
10

CCP-nOCF<sub>3</sub>

15

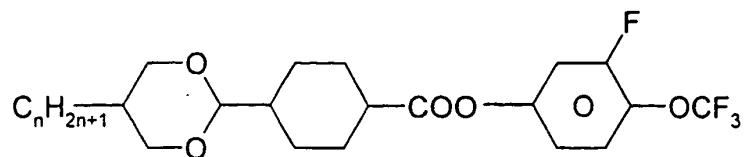
CCP-nOCF<sub>3</sub>.F

20



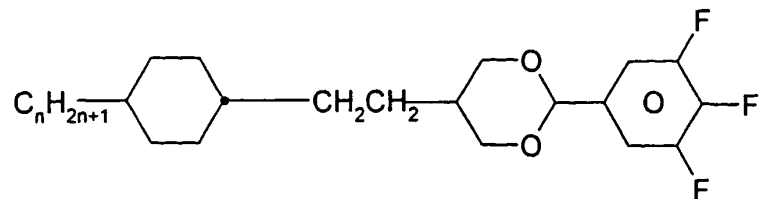
CCZU-n-F

25



DCZG-n-OT

30

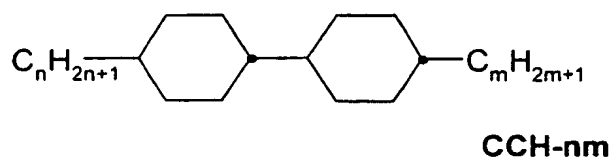


35

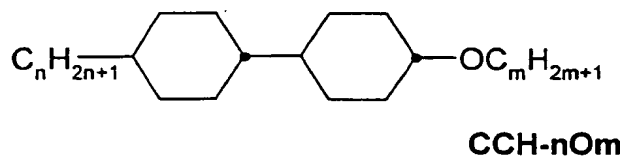
CEDU-n-F



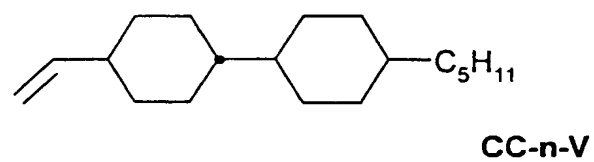
5



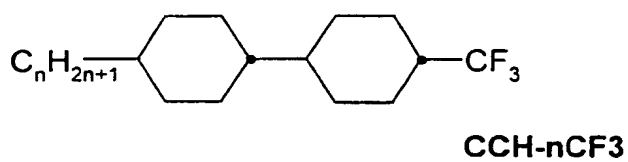
10



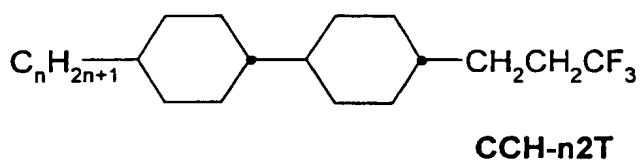
15



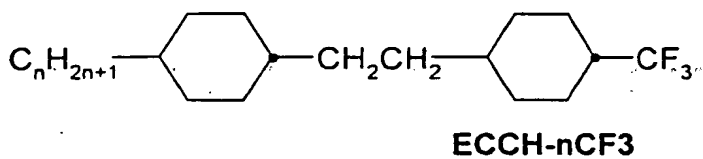
20



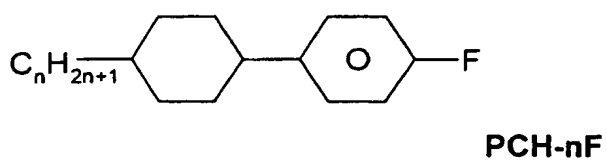
25

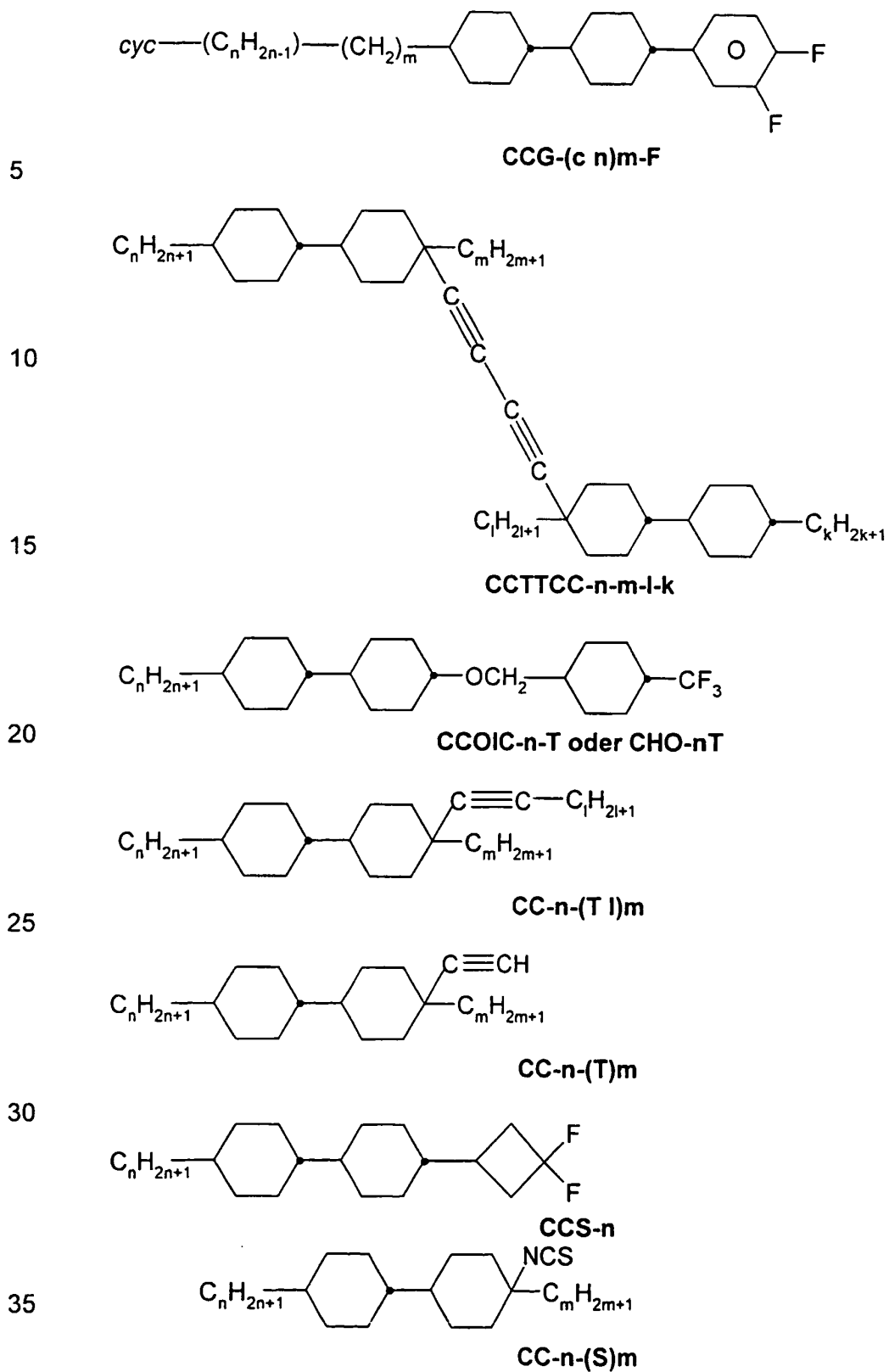


30



35





Der Temperaturbereich der nematischen Phase erstreckt sich bevorzugt von  $-20^{\circ}\text{C}$  bis  $60^{\circ}\text{C}$ , besonders bevorzugt von  $-30^{\circ}\text{C}$  bis  $70^{\circ}\text{C}$  und ganz besonders von  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $80^{\circ}\text{C}$ . Die Doppelbrechung beträgt bevorzugt von 0.040 bis 0.070, besonders bevorzugt von 0.050 bis 0.065 und ganz besonders bevorzugt von 0.054 bis 0.063. Die Rotationsviskosität beträgt bevorzugt 60 bis 170 m Pa s., besonders bevorzugt 80 bis 150 m Pa s und ganz besonders bevorzugt 90 bis 139 m Pa s. Die Schwellenspannung ( $V_{10}$ ) in den erfindungsgemäßen Schaltelementen beträgt bevorzugt 0,9 V bis 2,7 V, besonders bevorzugt 1,1 V bis 2,5 V und ganz besonders bevorzugt 1,2 V bis 2,0 V. Die Summenschaltzeiten für das Schalten zwischen  $V_{10}$  und  $V_{90}$  und zurück in den erfindungsgemäßen Schaltelementen betragen bevorzugt höchstens als 100 ms, besonders bevorzugt höchstens als 80 ms, ganz besonders bevorzugt 60 ms oder weniger. Für schnellere Anwendungen betragen die Summenschaltzeiten 50 ms oder weniger, bevorzugt 45 ms oder weniger, besonders bevorzugt 40 ms oder weniger, insbesondere 40 ms oder weniger und ganz besonders bevorzugt 30 ms oder weniger.

Des weiteren lassen sich die bevorzugten Parameter der Flüssigkristallmischungen durch den Fachmann leicht anhand der unten gezeigten Beispiele ersehen. Insbesondere sind die bevorzugten Bereiche der physikalischen Eigenschaften der Flüssigkristallmischungen und deren Kombinationen, diejenigen die sich aus den durch die Werte der Beispiele abgedeckt werden.

Besonders bevorzugt bestehen die Flüssigkristallmischungen im wesentlichen aus Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Formen I, II, II' und III bis XI.

Die in den Flüssigkristallschaltelementen gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzten Flüssigkristallmedien bestehen bevorzugt aus 3 bis 35 Verbindungen, besonders bevorzugt aus 4 bis 25, ganz besonders bevorzugt aus 5 bis 20 und insbesondere bevorzugt aus 6 bis 15 Verbindungen.

Der bevorzugte d/P Bereich ist von  $-0,25$  bis  $0,25$ . Für möglichst kleine Ansteuerspannungen ist ein d/P im Bereich von  $-0,1$  bis  $0,1$ , besonders

von 0, bevorzugt. Zur optimalen Darstellung vom Graustufen und zur Unterdrückung von inversem Kontrast sind d/P-Werte mit einem Betrag von 0,1 bis 0,25, besonders von 0,15 bis 0,24, bevorzugt.

- 5 In der vorliegenden Anmeldung gilt, wenn nicht ausdrücklich anders vermerkt:
- Die physikalischen Eigenschaften wurden bestimmt wie beschrieben in: Merck Liquid Crystals, Physical Properties of Liquid Crystals, Description of the Measurement Methods, Hrg. W. Becker, Status Nov. 1997,
  - 10 - alle physikalischen Daten sind für eine Temperatur von 20 °C gegeben,
  - alle Temperaturen sind in °C und alle Temperaturdifferenzen in Differenzgrad gegeben,
  - alle Konzentrationsangaben sind in Massen-%,
  - 15 -  $\Delta n$  ( $\Delta n = n_{||} - n_{\perp}$ ) bezieht sich auf 589,3 nm,
  - $\Delta \varepsilon$  ( $\Delta \varepsilon = \varepsilon_{||} - \varepsilon_{\perp}$ ) bezieht sich auf 1 kHz,
  - $\gamma_1$ : Rotationsviskosität,
  - $k_{ij}$ : elastische Konstanten,
  - $\lambda$  ist 576 nm,
  - 20 -  $V_0$ : Kapazitive Schwelle oder auch Freedericksz-Schwelle,
  - $V_{10}$ : Schwellenspannung (für 10% relativen Kontrast,  $\Theta = 0^\circ$ ),
  - $V_{50}$ : Mittgrauspannung (für 50% relativen Kontrast,  $\Theta = 0^\circ$ ),
  - $V_{90}$ : Sättigungsspannung (für 90% relativen Kontrast,  $\Theta = 0^\circ$ ),
  - $\tau_{\text{delay}}$ : Totzeit von 0% bis 10% Änderung der relativen Kontrasts,
  - 25 -  $\tau_{\text{rise}}$ : Anstiegszeit von 10% bis 90% Änderung der relativen Kontrasts,
  - $\tau_{\text{on}}$ : Einschaltzeit von 0% bis 90% Änderung der relativen Kontrasts,
  - $\tau_{\text{off}}$ : Ausschaltzeit von 90% bis 10% Änderung der relativen Kontrasts,
  - $\tau_{\text{sum}}$ : Summenschaltzeit =  $\tau_{\text{on}} + \tau_{\text{off}}$ ,
  - $\Phi$  bzw.  $\Phi'$ : Betrachtungswinkel in der Anzeigeebene,
  - 30 -  $\Theta$ : Betrachtungswinkel von der Anzeigenormale,
  - $\phi$ : Verdrillungswinkel des Flüssigkristalldirektors zwischen den beiden Substraten,
  - $\varphi$ : Anstell-(Tilt-)winkel des Flüssigkristalldirektors,
  - $\varphi_0$ : Anstell-(Tilt-)winkel des Flüssigkristalldirektors an der Substratoberfläche bzw. an der Orientierungsschicht,
  - 35

- $\varphi_M$ : Anstell-(Tilt-)winkel des Flüssigkristalldirektors in der Mitte der Flüssigkristallschicht,
- $\Psi_{PP}$  (identisch mit  $\Psi_{PA}$ ): Winkel zwischen den Transmissionsachsen der Polarisatoren,
- 5 -  $\Psi_{PD}$ : Winkel zwischen der Transmissionsachse der Polarisators und der schnellen Achse der Doppelbrechenden Schicht,
- $\Psi_{PL}$  bzw.  $\Psi_{AL}$ : Winkel zwischen der Transmissionsachse des Polarisators bzw. des Analysators und der Orientierungsrichtung des Flüssigkristallmaterials am jeweils benachbarten Substrat,
- 10 - die elektrooptischen Eigenschaften und Schaltzeiten wurden mit einer Rechteckwechselspannungsansteuerung mit einer Frequenz von 60 Hz bestimmt,
- die angegebenen Spannungswerte sind quadratisch gemittelte Werte („root mean square (rms) values“),
- 15 - „im wesentlichen 0“ bedeutet, sofern nicht anders angegeben, 0 +/- 1, bevorzugt 0 +/- 0,1 und besonders bevorzugt 0 +/- 0,1,
- „im wesentlichen“ im Zusammenhang mit physikalischen Eigenschaften bedeutet, sofern nicht anders angegeben, mit einer Abweichung von nicht mehr als +/- 10 %, bevorzugt +/- 5% und besonders bevorzugt
- 20 +/- 2% des jeweiligen Werts,
- „im wesentlichen bestehend aus“ bedeutet, sofern nicht anders angegeben, daß der Anteil weiterer Bestandteile nicht mehr als 10 %, bevorzugt nicht mehr als 5 % und besonders bevorzugt nicht mehr als 2 % beträgt,
- 25 - die in der vorliegenden Anmeldung gegebenen Zahlenwerte sind, sofern nicht anders angegeben, auf +/- eine Einheit in der letzten gegebenen Stelle genau,
- Grenzen der angegebenen Bereiche sind, soweit nicht anders angegeben, inklusive, bevorzugt jedoch exclusive,
- 30 -  $\geq$  bzw.  $\leq$ ,  $>=$  bzw.  $<=$ , sowie  $\geq$  bzw.  $\leq$  heißen jeweils kleiner oder gleich, bzw. größer oder gleich und
- +/- heißt plus oder minus.

Die Rotationsviskosität der nematischen Flüssigkristallmischung ZLI-4792  
 35 (Merck KGaA) bei 20 °C betrug mit dem kalibrierten Rotationsviskosimeter 133 mPa·s.

Die elektrooptischen Eigenschaften wurden in Testzellen aus der eigenen Fertigung der Merck KGaA untersucht:

Schichtdicke:

Glas: 1,1 mm dickes Borosilikatglas (Pilkington)

5 ITO: 100 Ohm / Quadratzoll ( $\Omega$  / square inch)

Orientierungsschicht: AL-1054 von Japan Synthetic Rubber, Japan,

Tiltwinkel: 1° bis 2° (bestimmt mit Flüssigkristallmaterial ZLI-4792 der Merck KGaA, Deutschland,

10 Verdrillungswinkel: 0° (Glasplatten antiparallel gerieben),  
d/P: 0 (undotiert).

Die optischen und elektrooptischen Eigenschaften der Testzellen wurden in kommerziellen Geräten der Firma Autronic-Melchers, Karlsruhe, Deutschland (DMS 301 und DMS 703) und zusätzlich in einem selbsthergestellten Gerät der Merck KGaA, jeweils unter Verwendung von weißem Licht vermessen. Das selbst hergestellte Gerät benutzt einen Photomultiplier als Detektor und einen Filter zur Anpassung der Ansprechempfindlichkeit des Detektors an die Empfindlichkeitskurve des menschlichen Auges.

20 Die  $\lambda/4$ -Schicht wurde bei dem selbsthergestellten Gerät der Merck KGaA als Plättchen fest im Strahlengang montiert. Bei den Messungen mit dem DMS 703 wurde ein  $\lambda/4$ -Film aus flüssigkristallinem Polymer der Merck Ltd, Großbritannien verwendet.

25 In der vorliegenden Anmeldung und insbesondere in den Beispielen werden die Flüssigkristallverbindungen mit Abkürzungen bezeichnet. Die Kodierung der Strukturen ist offensichtlich und erfolgt nach den Tabellen A und B. Alle Gruppen  $C_nH_{2n+1}$ ,  $C_mH_{2m+1}$ ,  $C_lH_{2l+1}$  and  $C_kH_{2k+1}$  sind geradkettige Alkylketten mit n, m, l, bzw. k Kohlenstoffatomen. Die Kodierung in Tabelle B ist selbsterklärend. Tabelle A zeigt nur die jeweiligen Kerngerüste der Strukturen. Die einzelnen Verbindungen werden durch die Angabe der Bezeichnung des Kerns gefolgt durch eine mittels Bindestrich abgetrennte Bezeichnung für die Substituenten R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, L<sup>1</sup> und L<sup>2</sup> die im Folgenden gegeben wird:

30

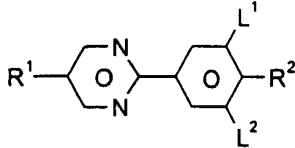
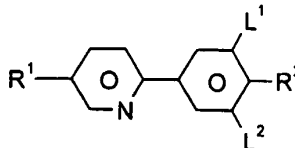
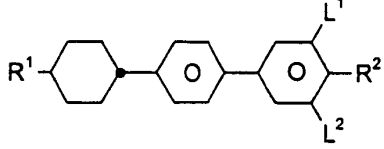
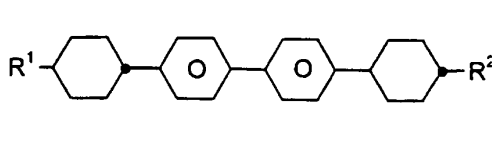
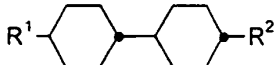
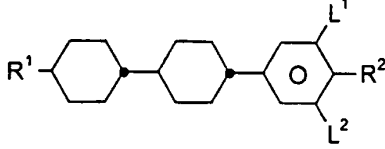
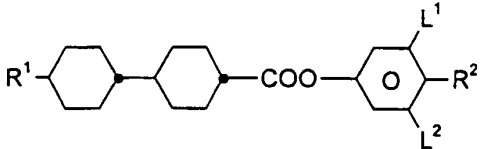
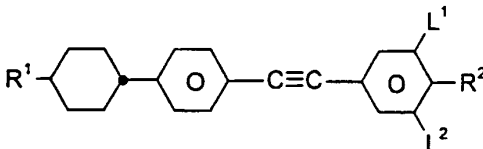
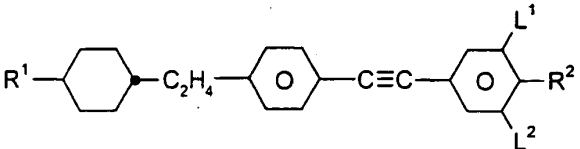
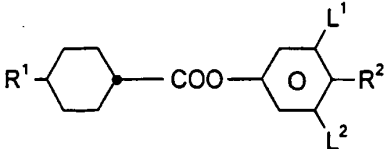
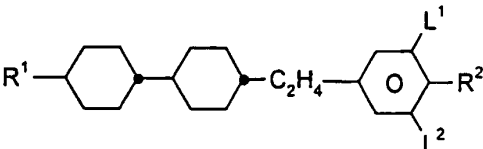
35

- 37 -

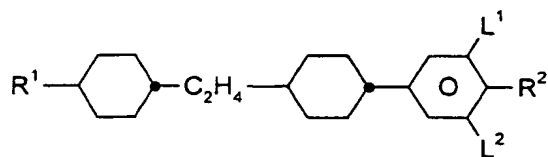
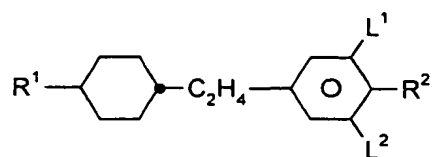
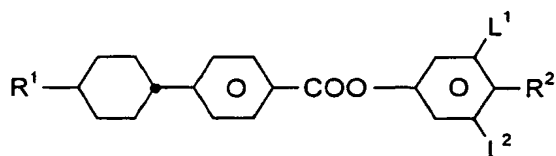
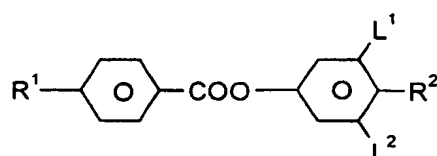
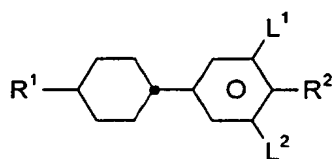
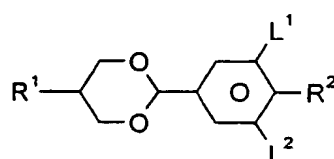
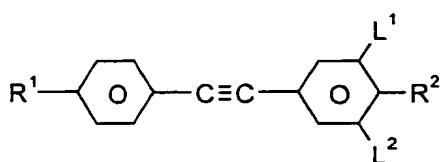
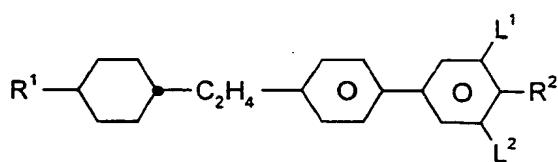
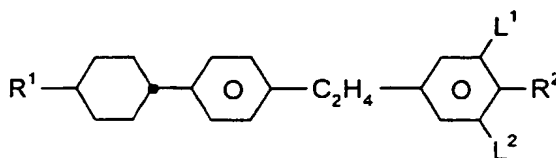
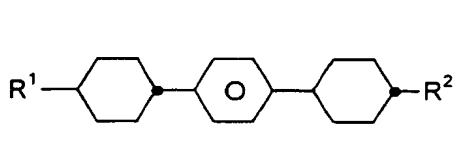
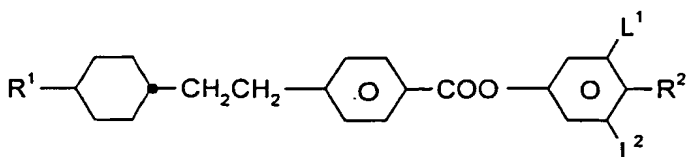
	Kode für R <sup>1</sup> , R <sup>2</sup> , L <sup>1</sup> , L <sup>2</sup>	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	L <sup>1</sup>	L <sup>2</sup>
	nm	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	C <sub>m</sub> H <sub>2m+1</sub>	H	H
5	nOm	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	OC <sub>m</sub> H <sub>2m+1</sub>	H	H
	nO.m	OC <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	C <sub>m</sub> H <sub>2m+1</sub>	H	H
	n	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	CN	H	H
	nN.F	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	CN	F	H
	nOF	OC <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	F	H	H
10	nCl	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	Cl	H	H
	nCl.F	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	Cl	F	H
	nCl.F.F	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	Cl	F	F
	nF	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	F	H	H
15	nF.F	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	F	F	H
	nF.F.F	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	F	F	F
	nmF	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	C <sub>m</sub> H <sub>2m+1</sub>	F	H
	nCF <sub>3</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	CF <sub>3</sub>	H	H
20	nOCF <sub>3</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	OCF <sub>3</sub>	H	H
	nOCF <sub>3</sub> .F	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	OCF <sub>3</sub>	F	H
	nOCF <sub>3</sub> .F.F	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	OCF <sub>3</sub>	F	F
	nOCF <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	OCHF <sub>2</sub>	H	H
	nOCF <sub>2</sub> .F	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	OCHF <sub>2</sub>	F	H
25	nOCF <sub>2</sub> .F.F	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	OCHF <sub>2</sub>	F	F
	nS	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	NCS	H	H
	nVsN	C <sub>r</sub> H <sub>2r+1</sub> -CH=CH-C <sub>s</sub> H <sub>2s</sub> -	CN	H	H
	nEsN	C <sub>r</sub> H <sub>2r+1</sub> -O-C <sub>s</sub> H <sub>2s</sub> -	CN	H	H
30	nAm	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	COOC <sub>m</sub> H <sub>2m+1</sub>	H	H

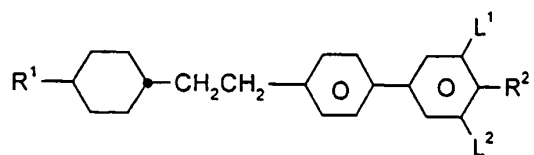
35

**Tabelle A:**

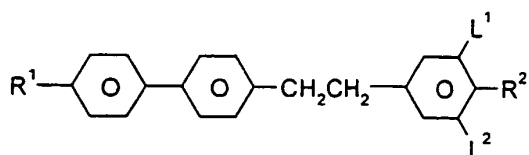
5	 <p><b>PYP</b></p>	 <p><b>PYRP</b></p>
10	 <p><b>BCH</b></p>	 <p><b>CBC</b></p>
15	 <p><b>CCH</b></p>	 <p><b>CCP</b></p>
20	 <p><b>CP</b></p>	 <p><b>CPTP</b></p>
25	 <p><b>CEPTP</b></p>	
30	 <p><b>D</b></p>	 <p><b>ECCP</b></p>
35		



**CECP****EPCH****HP****ME****PCH****PDX****PTP****BECH****EBCH****CPC****EHP**



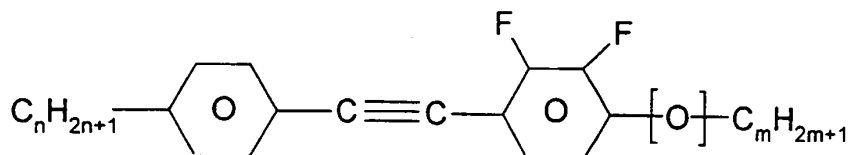
5

**BEP**

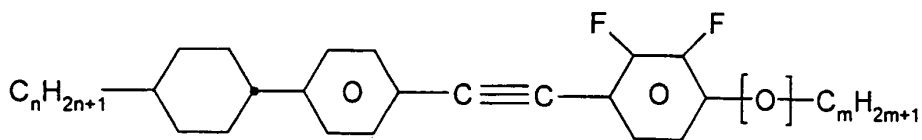
10

**ET****Tabelle B:**

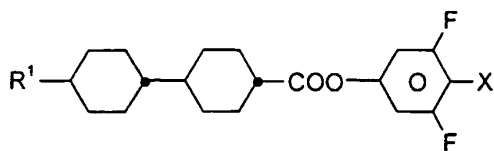
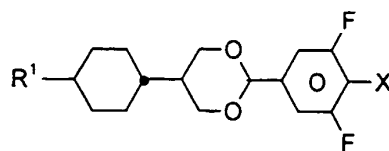
15

**PTP-n(O)mFF**

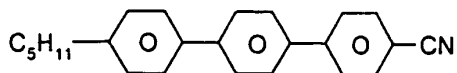
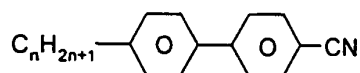
20

**CPTP-n(O)mFF**

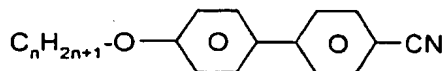
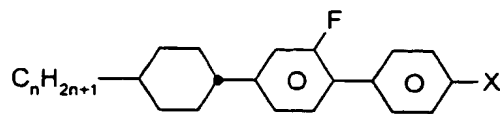
25

**CCZU-n-X****CDU-n-X**

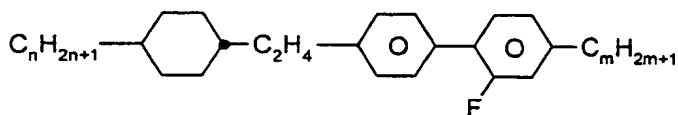
30

**T15****K3n**

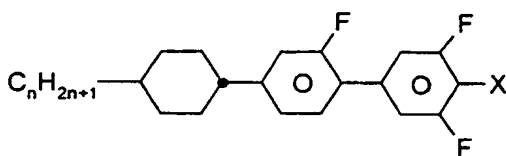
35

**M3n****BCH-n.FX**

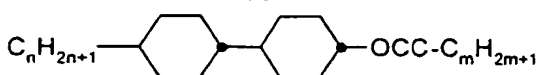
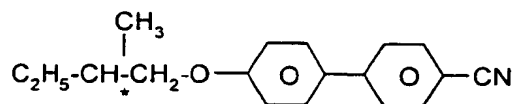
5

**Inm**

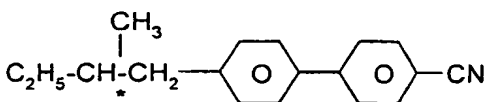
10

**CGU-n-X**

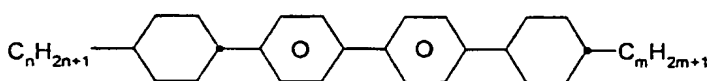
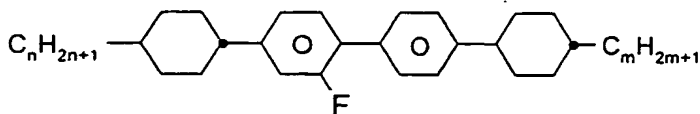
15

**C-nm****C15**

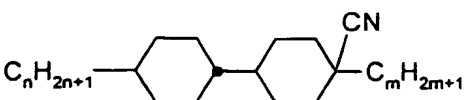
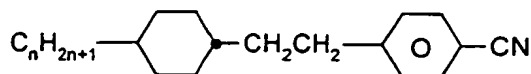
20

**CB15**

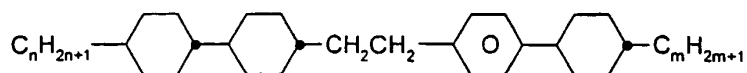
25

**CBC-nm****CBC-nmF**

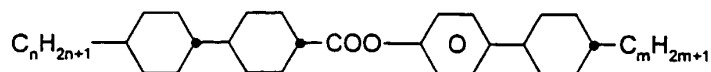
30

**CCN-nm****G3n**

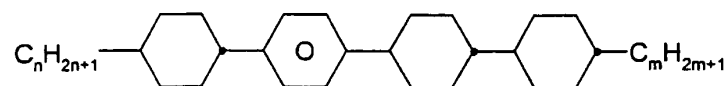
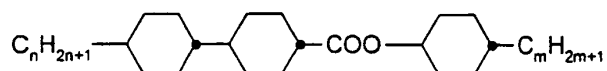
35

**CCEPC-nm**

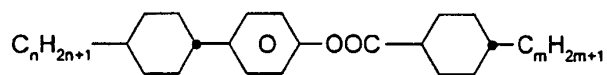
5

**CCPC-nm**

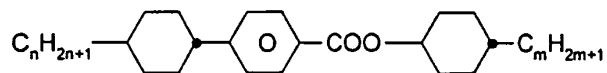
10

**CPCC-n-m**

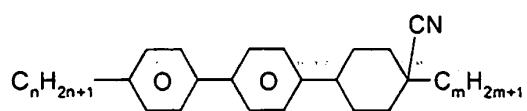
15

**CH-nm**

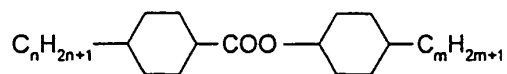
20

**HD-nm****HH-nm**

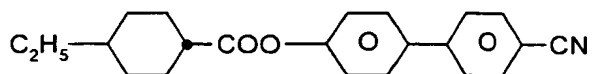
25

**NCB-nm**

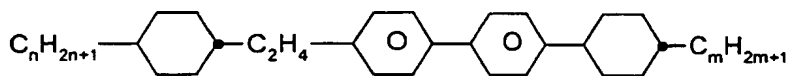
30

**OS-nm**

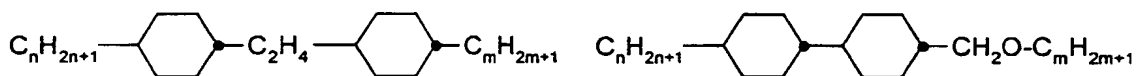
35

**CHE**

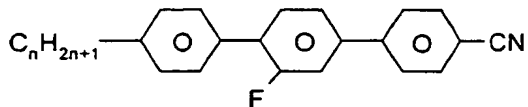
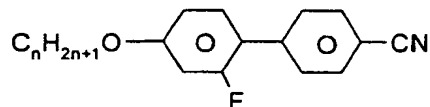
5

**ECBC-nm**

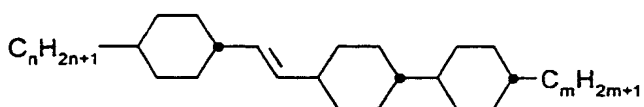
10

**ECCH-nm****CCH-n1EM**

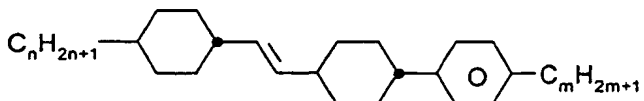
15

**T-nFN****B-nO.FN**

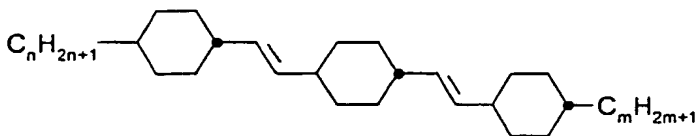
20

**CVCC-n-m**

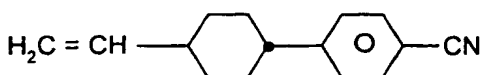
25

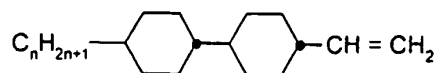
**CVCP-n-m**

30

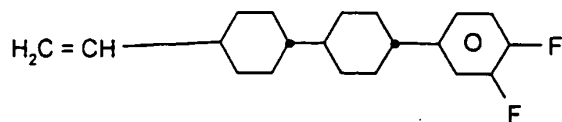
**CVCVC-n-m**

35

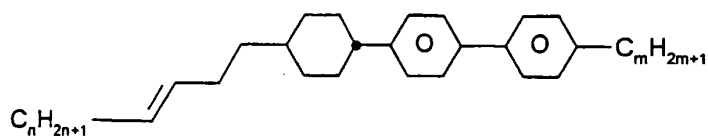
**CP-V-N**

**CC-n-V**

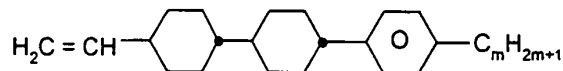
5

**CCG-V-F**

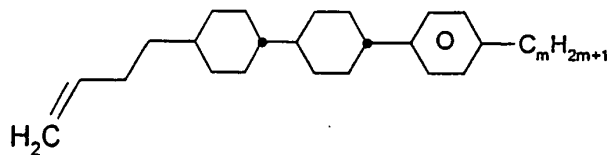
10

**CPP-nV2-m**

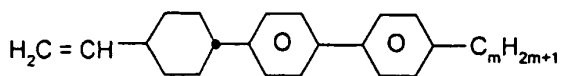
15

**CCP-V-m**

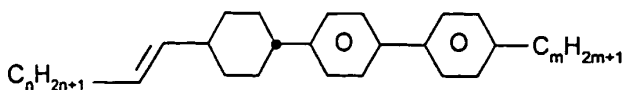
20

**CCP-V2-m**

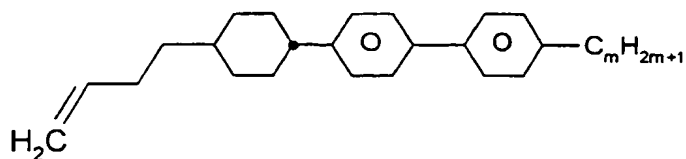
25

**CPP-V-m**

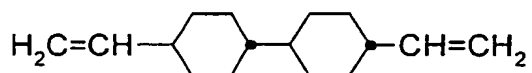
30

**CPP-nV-m**

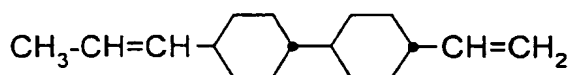
35



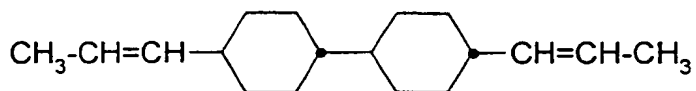
5

**CPP-V2-m**

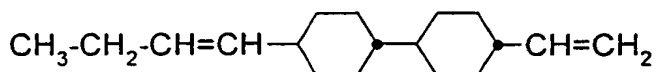
10

**CC-V-V****CC-1V-V**

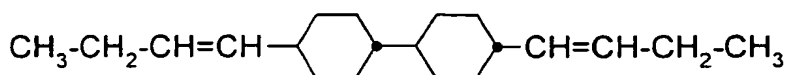
15

**CC-1V-V1**

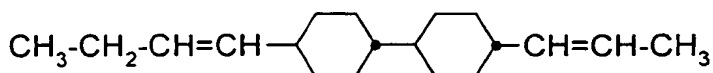
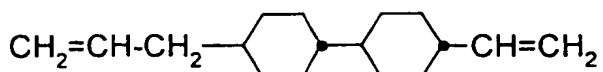
20

**CC-2V-V**

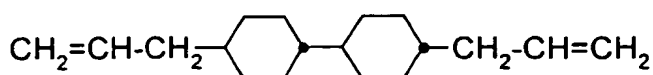
25

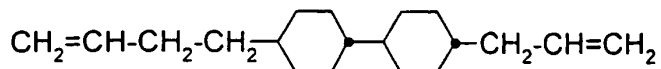
**CC-2V-V2**

30

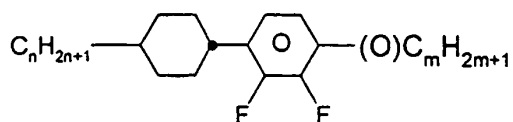
**CC-2V-V1****CC-V1-V**

35

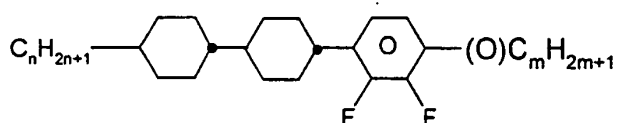
**CC-V1-1V**

**CC-V2-1V**

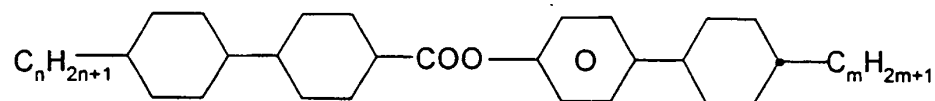
5

**PCH-n(O)mFF**

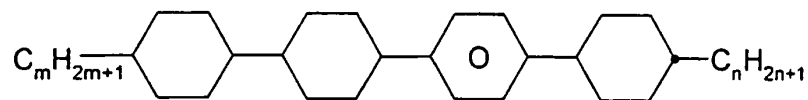
10

**CCP-n(O)mFF**

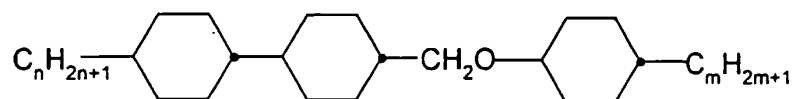
15

**CCPC-nm**

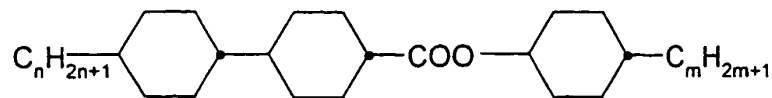
20

**CPCC-n-m,**

25

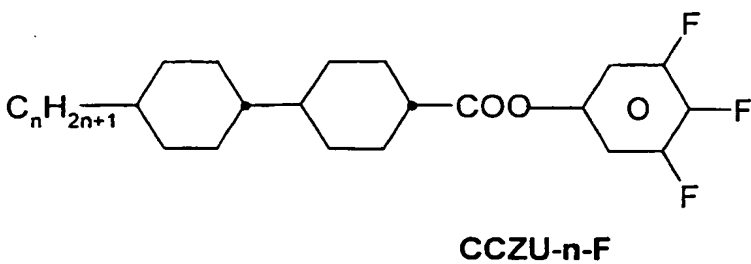
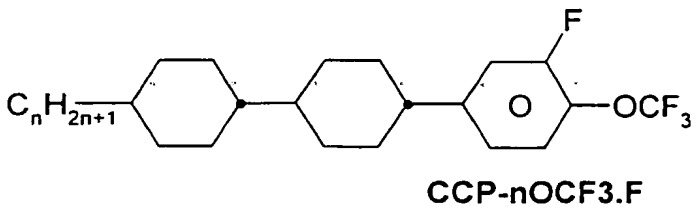
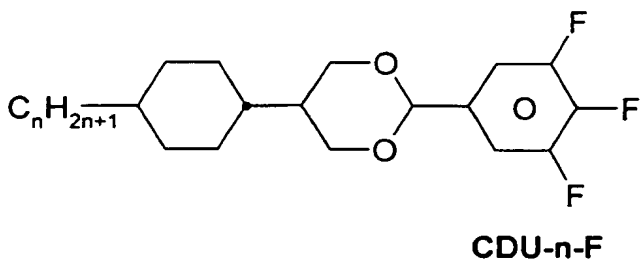
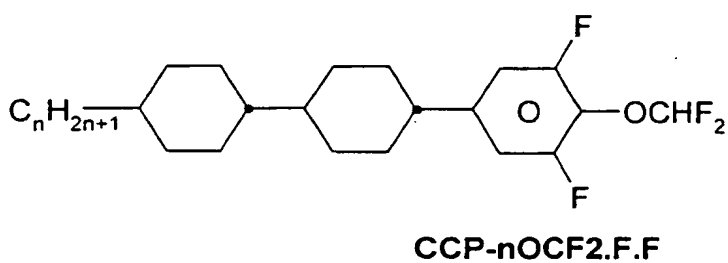
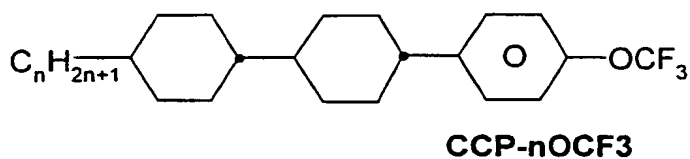
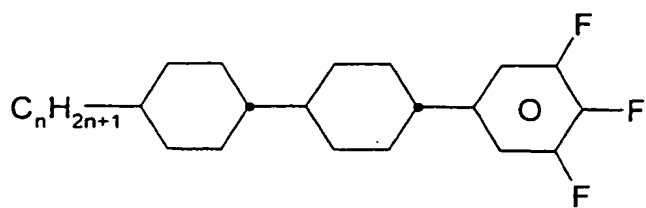
**CCOC-n-m**

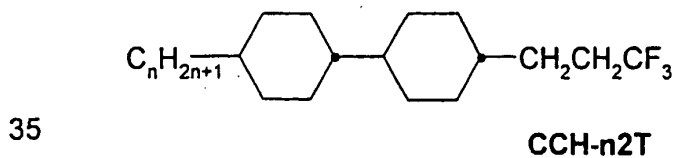
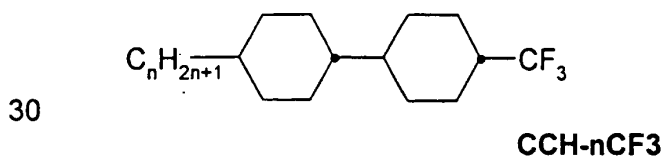
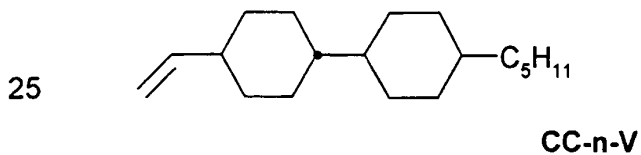
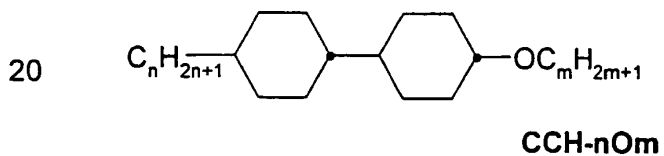
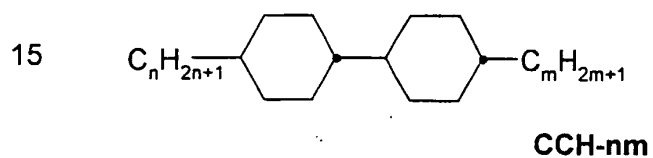
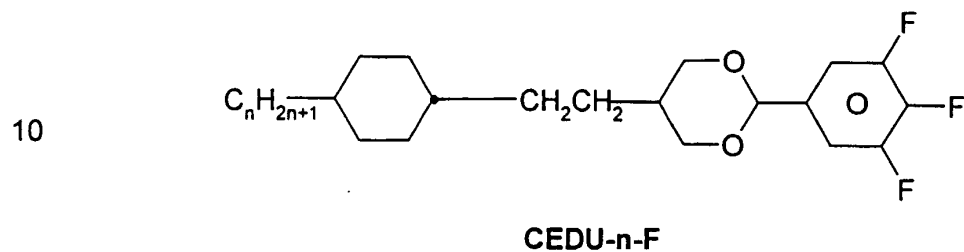
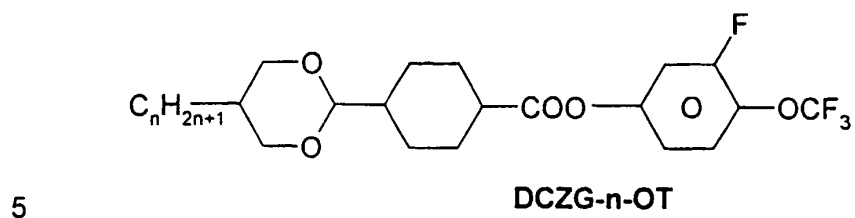
30

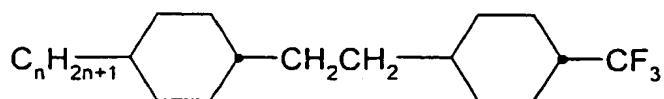
**CH-nm**

35

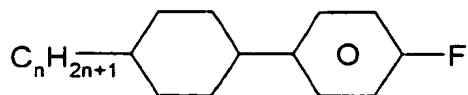




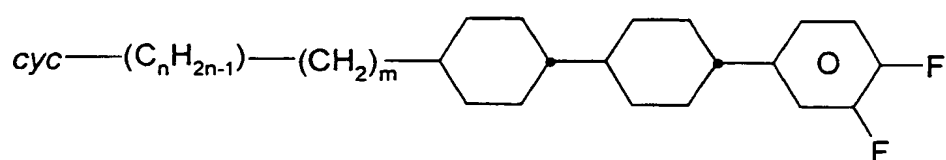




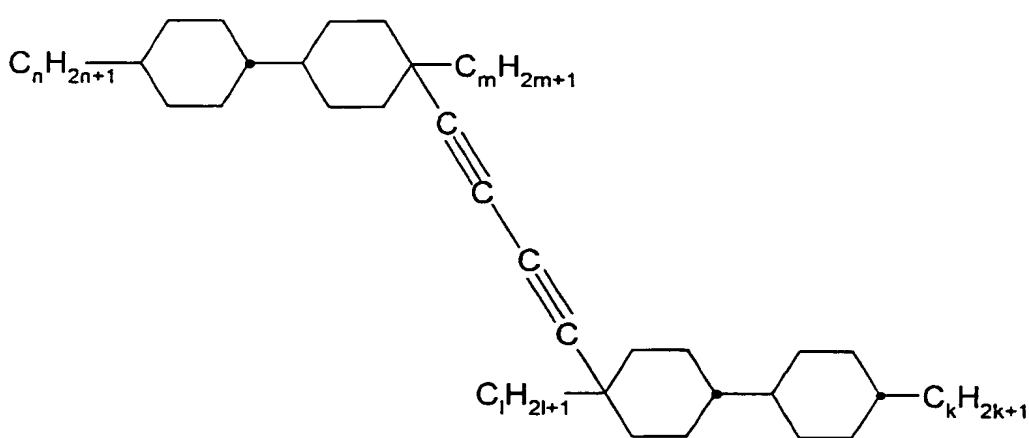
**ECCH-nCF3**



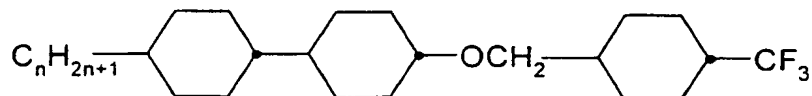
**PCH-nF**



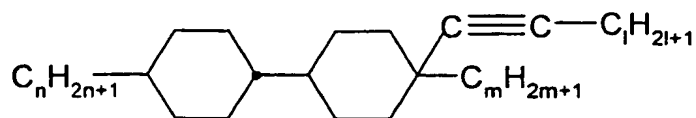
**CCG-(c n)m-F**



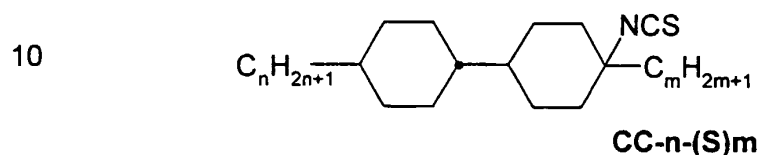
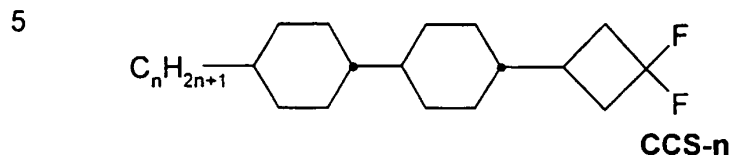
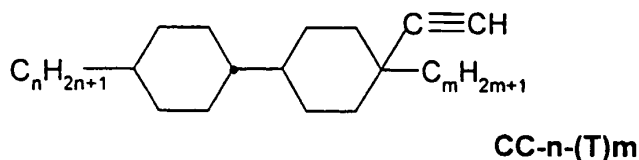
**CCTTCC-n-m-l-k**



**CCOIC-n-T oder CHO-nCF<sub>3</sub>**



**CC-n-(T I)m**



Die Flüssigkristallmischungen der vorliegenden Erfindung enthalten bevorzugt:

- vier oder mehr Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabellen A und B und/oder
- fünf oder mehr Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabelle B und/oder
- zwei oder mehr Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabelle A.

Im folgenden wird der Effekt der vorliegenden Erfindung anhand von Abbildungen und Beispielen illustriert und mit dem Stand der Technik verglichen.

### Beispiele

Die nachfolgenden Beispiele sollen die vorliegende Erfindung erläutern ohne sie in irgendeiner Weise zu beschränken. Die beschriebenen Ausführungsformen sind jedoch bevorzugt und belegen den Variationsbereich der verschiedenen Parameter der Flüssigkristallschaltetelemente ebenso wie die der Flüssigkristallmischungen und ihrer Zusammensetzung. Der Fachmann kann den Beispielen direkt bevorzugte Bereiche für diese Bedingungen und Eigenschaften entnehmen.

Beispiel 1

Es wurde ein Flüssigkristallschaltelement mit antiparalleler Randorientierung und einer Polyimidorientierungsschicht, einem Twistwinkel von  $0^\circ$  und einem Oberflächentiltwinkel von  $1,4^\circ$  realisiert. Das Schaltelement enthielt eine  $\lambda/4$ -Schicht und gekreuzte Polarisatoren, die einen Winkel von  $45^\circ$  zur Reiberichtung der Substrate einnahmen. Der Aufbau des Flüssigkristallschaltelements entspricht dem in Abbildung 1 dargestellten Aufbau. Die optische Verzögerung der Flüssigkristallschicht betrug  $0,277 \mu\text{m}$ . Die Zusammensetzung der verwendeten Flüssigkristallmischung ist in der folgenden Tabelle, gemeinsam mit den Eigenschaften der Mischung als solcher, sowie den charakteristischen Spannungen im erfindungsgemäßen Schaltelement angegeben.

Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
CCH-301	5,0	Übergang T (S,N) < $-30,0^\circ\text{C}$
CH-33	3,0	Klärpunkt T (N,I) = $+68,0^\circ\text{C}$
CH-35	3,0	$\Delta n$ (589 nm, $20^\circ\text{C}$ ) = $+0,0602$
CCP-2F.F.F	6,0	$\Delta \varepsilon$ (1 kHz, $20^\circ\text{C}$ ) = $+10,3$
CCZU-2-F	6,0	$\gamma_1$ ( $20^\circ\text{C}$ ) = $161 \text{ m Pa s}$
CCZU-3-F	16,0	$d \cdot \Delta n = 0,277 \mu\text{m}$
CCZU-5-F	6,0	Twist = $0^\circ$
CDU-2-F	10,0	$V_0$ ( $20^\circ\text{C}$ ) = $0,99 \text{ V}$
CDU-3-F	12,0	$V_{10}$ ( $20^\circ\text{C}$ ) = $1,29 \text{ V}$
CDU-5-F	8,0	$V_{50}$ ( $20^\circ\text{C}$ ) = $1,76 \text{ V}$
CCH-3CF3	9,0	$V_{90}$ ( $20^\circ\text{C}$ ) = $3,15 \text{ V}$
CCH-5CF3	12,0	
CCPC-34	4,0	
$\Sigma$	100,0	

Zunächst wurde das Flüssigkristallschaltelement bezüglich seiner Transmission bei Variation des Analysatorwinkels untersucht. Das Ergebnis ist in Abbildung 3 dargestellt. Die optische Verzögerung betrug  $277 \text{ nm}$ .

Es ist zu erkennen, daß im spannungsfreien Zustand bei parallelen Polarisatoren, also jeweils bei Winkeln  $\Psi_{PP}$  von  $0^\circ$ ,  $180^\circ$  und  $360^\circ$  minimale Transmission auftritt und, daß diese minimale Transmission bis fast auf 0 % hinunter geht. Diese einander identischen Polarisationsstellungen entsprechen dem „normally black“ Modus. Bei gekreuzten Polarisatoren, also bei Winkeln  $\Psi_{PP}$  von  $90^\circ$  und  $270^\circ$ , die dem „normally white“ Modus entsprechen, tritt im Gegensatz dazu die maximale Transmission auf.

Dann wurde die elektrooptische Kennlinie unter verschiedenen Betrachtungswinkeln sowohl mit dem selbst hergestellten Gerät, als auch mit dem Gerät von Autronic-Melchers aufgenommen. Die mit dem selbst hergestellten Gerät erhaltenen Ergebnisse für zwei Zellen im „normally black mode“ bei zwei Betrachtungswinkeln  $\Theta$  ( $\Theta = 0^\circ$  und  $\Theta = 30^\circ$ ) im Quadrant mit dem besten Kontrast ( $\Phi = -45^\circ$ ) sind in beispielhaft Abbildung 4 dargestellt. Die Definition der Betrachtungswinkel  $\Theta$  und  $\Phi$  ist in Abbildung 2 gezeigt.

In Abbildung 2 ist die Definition der Betrachtungswinkel in der Ebene der Anzeige ( $\Phi$  bzw.  $\Phi'$ ) und senkrecht zum Lot ( $\Theta$ ) dargestellt.

In Abbildung 4 sind die erhaltenen Transmissions-Spannungskennlinien für zwei Schaltelemente gezeigt. Die Ergebnisse der verschiedenen Zellen waren so gut reproduzierbar, daß sie jeweils in einer einzigen Kurve wiedergegeben werden. Es werden zwei Kurven gezeigt. Die erste Kurve zeigt die Ergebnisse für die zwei verschiedenen Zellen für  $\Theta = 0^\circ$ . Die zweite Kurve gilt für  $\Theta = 30^\circ$  und  $\Phi = -45^\circ$ . Sie zeigt deutlich den flacheren Anstieg der Kennlinie bei einem größeren Blickwinkel  $\Theta$ .

Die maximale Transmission im vollständig geschalteten Zustand beträgt ca. 45 %. Sie wird im wesentlichen von der Transmission der Polarisatoren bestimmt. Bei hohen Ansteuerspannungen von ca. 6 bis 7 V wird eine sehr hohe Transmission erreicht. Die minimale Transmission hängt überwiegend vom Polarisationsgrad der verwendeten Polarisatoren ab.

Anschließend wurde die spektrale Verteilung der Transmission für das mit verschiedenen Spannungen angesteuerte Schaltelement bestimmt. Die

Ergebnisse sind in Abbildung 7 dargestellt. Hier sind die Wellenlängenabhängigkeiten der Transmission des erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelements als durchgehende Kurven im Vergleich zu denen einer TN-Anzeige mit  $d \cdot \Delta n = 0,5 \mu\text{m}$  aus Vergleichsbeispiel 1 (gestrichelte Kurven) dargestellt. Die drei Sätze von Kurven entsprechen den Ansteuerspannungen für 10, 50 und 90% relativen Kontrast. Es fällt auf, daß die spektrale Verteilung in beiden Schaltelementen nahezu identisch ist, und, daß das Spektrum annähernd farblos ist. Allenfalls ist eine geringfügige Abnahme der integralen Transmission bei dem erfindungsgemäßen Element gegenüber dem TN-Schaltelement zu beobachten.

Danach wurde die Transmission des angesteuerten Elements in der Halbkugel über dem Element mit dem Gerät von Autronic-Melchers vermessen, wie in Abbildung 8b) dargestellt. Abbildung 8b) zeigt die Ergebnisse des erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelements aus dem vorliegenden Beispiel 1 und Abbildung 8a) die des konventionellen TN-Schaltelements des Vergleichsbeispiels 1.

Bei Abbildung 8 wurde die Darstellung in Polarkoordinaten gewählt (zur Definition siehe Abbildung 2). Die Transmission wird für jeden Punkt in der Halbkugel über dem Flüssigkristallschaltelement bei einer festen Ansteuerspannung, die zu einer minimalen Transmission von 10% führt, bestimmt. Punkte gleicher Transmission sind mit dem gleichen Grauton gekennzeichnet. Die Isotransmissionslinien sind gestaffelt in Abständen von jeweils 10% absolut. Der dunkelste Bereich entspricht einer Transmission von 0 % bis 10 % einschließlich, der nächste graue Bereich von mehr als 10 % bis 20% einschließlich, der hellgraue Bereich von mehr als 20 % bis 30 % einschließlich und so weiter, wobei immer die untere Grenze ausschließlich und die oberen Grenze einschließlich ist. Die weiteren Bereiche mit einer Transmission über 30 % sind nicht grau getönt.

Im direkten Vergleich der Abbildungen 8b) und 8a) fällt die deutlich geringere Blickwinkelabhängigkeit der Transmission des erfindungsgemäßen Schaltelements in Abbildung 8b) deutlich ins Auge.

Schließlich wurden Isokontrastmessungen an Flüssigzellen gemäß der vorliegenden Erfindung und an Vergleichszellen mit dem Gerät von Autronic-Melchers durchgeführt. Hierbei wurden als die beiden Ansteuerspannungen die Schwellenspannung ( $V_{10}$ ) und die Sättigungsspannung ( $V_{90}$ ) der jeweiligen Zelle verwendet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 9 dargestellt.

Die beiden Ansteuerspannungen betrugen für die Zelle des vorliegenden Beispiels 1,13 V und 2,64 V. Das Ergebnis ist in Abbildung 9a) dargestellt. Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für Kontrastverhältnisse von 7, 5, 3, 2 und 1. Das maximale Kontrastverhältnis betrug hier 9,6 und das minimale Kontrastverhältnis 0,58. Somit ist die Blickwinkelabhängigkeit des Kontrastverhältnisses (CR, Englisch: „contrast ratio“) über den gesamten Blickwinkelbereich sehr gering. Es tritt mit  $CR_{\min} = 0,58$  nur ein gemäßigter inverser Kontrast auf. Wobei als inverser Kontrast Kontrastverhältnisse kleiner als 1 bezeichnet werden.

Abbildung 9c) zeigt zum direkten Vergleich die Ergebnisse für das TN-Schaltelement des Vergleichsbeispiels 1. Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für Kontrastverhältnisse von 10, 7, 5, 3, 2 und 1. Hier tritt ein deutlicher inverser Kontrast auf.

Es wurden ferner Schaltzeiten für verschiedene Schaltspannungen bestimmt. Exemplarische Ergebnisse sind in Tabelle 4 aufgelistet. Insbesondere im Vergleich mit den Ergebnissen für das TN-Schaltelement des Vergleichsbeispiels 1 sind die überraschend kurzen Schaltzeiten der erfindungsgemäßen Schaltelemente bemerkenswert. Die Schaltzeiten wurden unter drei verschiedenen Ansteuerbedingungen ermittelt. In den ersten beiden Serien wurden die Schaltzeiten für einen Wechsel von einer Spannung von 0 Volt auf einen festen Wert und zurück bestimmt. In der ersten Serie war die Spannung des eingeschalteten Zustands 9,9 Volt und in der zweiten Serie 5,0 Volt. In der dritten Serie wurde von  $V_{10}$  nach  $V_{90}$  und zurück geschaltet. Dies entspricht dem Schalten einer Anzeige zwischen zwei Graustufen. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle (Tabelle 4) zusammengestellt.



Tabelle 4: Schaltzeiten

Nr.	Beispiel Nr.	$V_{\text{off}}$ /V	$V_{\text{on}}$ /V	$\tau_{\text{delay}}$ /ms	$\tau_{\text{rise}}$ /ms	$\tau_{\text{on}}$ /ms	$\tau_{\text{off}}$ /ms	$\tau_{\text{sum}}$ /ms
1	VB 1	0	9,9	2,60	0,78	3,39	52,3	55,7
2	1	0	9,9	1,43	0,78	2,23	25,2	27,4
3	VB 1	0	5,0			9,6	52,3	56,5
4	1	0	5,0			9,6	24,8	28,1
5	VB 1	1,11	1,73	3,39	34,4	37,8	83,6	121,4
6	1	1,26	3,07	0,65	8,98	9,64	32,8	42,4

Vergleichsbeispiel 1

Analog zu Beispiel 1 wurde ein Flüssigkristallschaltelement hergestellt und untersucht, nun jedoch ein TN-Schaltelement mit einer optischen Verzögerung von 0,50  $\mu\text{m}$ , ohne weitere doppelbrechende Schicht, mit gekreuzten Polarisatoren, die auch zu den Reiberichtungen gekreuzt waren.

Die Zusammensetzung der verwendeten Flüssigkristallmischung ist in der folgenden Tabelle gezeigt, ebenso wie die Eigenschaften der Mischung und die charakteristischen Spannungen des TN-Elements.

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	BCH-2F.F	9,0	Klärpunkt T (N,l) = +69,5 °C
	BCH-3F.F	9,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,1039
	BCH-3F.F.F	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +10,2
	BCH-5F.F.F	7,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 156 m Pa s
	CGU-2-F	10,0	$d \cdot \Delta n$ = 0,50 $\mu\text{m}$
10	CGU-3-F	9,0	Twist = 90°
	CCP-3F.F.F	10,0	$V_0$ (20 °C) = 0,94 V
	CCP-5F.F.F	6,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,08 V
	CCZU-2-F	4,0	$V_{50}$ (20 °C) = 1,35 V
	CCZU-3-F	13,0	$V_{90}$ (20 °C) = 1,72 V
15	CCG-V-F	15,0	
	BCH-32	<u>3,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Die elektrooptische Kennlinie des TN-Schaltelements ist in Abbildung 5 dargestellt. Es wurden Zellen bei  $\Theta = 0^\circ$  untersucht. Die Ergebnisse waren identisch. Im Vergleich mit Abbildung 4 zeigt Abbildung 5, daß die Kennlinien des TN-Schaltelement mit  $d \cdot \Delta n$  von 0,5  $\mu\text{m}$  (entsprechend dem 1. Minimum nach Gooch und Tarry) dieses Vergleichsbeispiels 1 deutlich steiler und somit ungünstiger zu Darstellung von Graustufen sind, als die des erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelements des Beispiels 1.

Hierbei ist zu beachten, daß sowohl im „normally white mode“ als auch im „normally black mode“ die Verringerung der Steilheit der Kennlinie der erfindungsgemäßen Schaltelemente gegenüber dem Stand der Technik bei großen Spannungen am stärksten ausgeprägt ist. Da das menschliche Auge auf Transmissionsänderungen im Bereich geringer Transmission (also geringerer Helligkeit) empfindlicher reagiert als im Bereich großer Transmission (also größerer Helligkeit) ist der Effekt bei im "normally white" Modus günstiger als im "normally black" Modus, da er im "normally white" Modus im Bereich geringerer Transmission auftritt.

Die spektrale Verteilung der Transmission ist in Abbildung 7 direkt mit der des Elements des Beispiels 1 verglichen und wurde bereits bei Beispiel 1 diskutiert.

5      Abbildung 8a) zeigt die Isotransmissionsergebnisse für dieses Vergleichsbeispiel 1, die unter denselben Bedingungen erhalten wurden wie die Ergebnisse für Beispiel 1. Die Ergebnisse wurden bereits bei Beispiel 1 diskutiert.

10      Abbildung 9c) zeigt die Isokontrastergebnisse die unter den gleichen Bedingungen wie bei Beispiel 1 erhalten wurden. Die beiden Ansteuerspannungen betrugen 1,07 V und 1,71 V, entsprechend  $V_{10}$  bzw.  $V_{90}$ . Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für Kontrastverhältnisse von 10, 7, 5, 3, 2 und 1. Das maximale Kontrastverhältnis betrug  
15      15, das minimale Kontrastverhältnis 0,43. Somit ist offensichtlich die Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts deutlich stärker ausgeprägt als bei den Schaltelementen der Beispiele 1 und 2. Außerdem tritt ein deutlicher inverser Kontrast auf. Das scheinbar größere maximale Kontrastverhältnis im Vergleich zu den Beispielen 1 und 2 ist vermutlich auf die Meßbe-  
20      dingungen zurückzuführen. Bei separaten Messungen der Transmission unter senkrechter Beobachtung und unter Ansteuerung mit ausreichend hohen Spannungen wurde für alle drei Arten von Schaltelementen der selbe Kontrast bestimmt.

25      Die Schaltzeiten sind in Tabelle 4 mit aufgenommen. Wie aus der Tabelle 4 eindeutig hervorgeht ist die Summenschaltzeit des erfindungsgemäßen Schaltelements bei jeder der drei Ansteueuerbedingungen nahezu halbiert gegenüber der des konventionellen TN-Schaltelements. Dies ist um so überraschender, da beide Schaltelemente die selbe Schichtdicke (jeweils  
30      4,8  $\mu\text{m}$ ) aufweisen. Auch die Rotationsviskositäten können die beobachtete Änderung der Schaltzeiten nicht erklären. Die Rotationsviskosität der Flüssigkristallmischung des Beispiels 1 ist fast genau so groß wie die der Flüssigkristallmischung des Vergleichsbeispiels 1. Sie ist sogar um ca. 3 % größer, woraus eher eine entsprechende geringe Steigerung der Schalt-  
35      zeiten für das erfindungsgemäße Schaltelement zu erwarten gewesen wäre.

Beispiel 2

Es wurde ein Schaltelement wie das des Beispiels 1 hergestellt, wobei der Aufbau bis auf eine Ausnahme. Es wurde keine  $\lambda/4$ -Schicht verwendet.

5

Das Schaltelement hatte sowohl im selbst hergestellten Gerät, als auch im Gerät von Autronic-Melchers nahezu dieselben elektrooptischen Kennlinien bei einem Betrachtungswinkel von  $0^\circ$  wie das des Beispiels 1. Auch der maximale Kontrast war praktisch identisch mit dem des Beispiels 1.

10

Die Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts war bei visueller Begutachtung hervorragend. Dies wurde durch Messung der Isokontrastkurven unter den gleichen Bedingungen wie bei Beispiel 1 bestätigt. Wie bei Beispiel 1 betrugen die beiden Ansteuerspannungen 1,13 V und 2,64 V. Das Ergebnis ist in Abbildung 9b) dargestellt. Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für die selben Kontrastverhältnisse wie bei Abbildung 9a), wobei lediglich die letzte Kurve entfällt, also für 7, 5, 3 und 2. Das maximale Kontrastverhältnis betrug hier 10,0, das minimale 1,08. Also trat unter diesen Bedingungen überhaupt kein inverser Kontrast auf.

20

Der direkte Vergleich zwischen den Werten für die Schaltelemente der Beispiele 1 und 2 ergibt folgendes. Bezogen auf den Betrachtungswinkel  $\Theta$  hat Beispiel 2 eindeutig den breiteren, also besseren, Blickwinkelbereich. Auch bezüglich der integralen Betrachtung ist das Element des Beispiels 2 dem des Beispiels 1 leicht überlegen. Im Gegensatz dazu, ist der Blickwinkelbereich des Elements des Beispiels 1 in Bezug auf den Betrachtungswinkel  $\Phi$  deutlich besser. Dies ist insbesondere im Bereich des Quadranten mit dem geringsten Kontrast zu erkennen. Dadurch ist der Blickwinkelbereich des Schaltelements des Beispiels 1 deutlich stärker zentrosymmetrisch.

30

35

### Beispiel 3

Es wurde ein Schaltelement wie in Beispiel 1 mit  $\lambda/4$ -Platte realisiert. Allerdings wurde hier als Flüssigkristallmaterial ZLI-4792, ein Handelsprodukt der Merck KGaA verwendet. Dieses Material hat eine Doppelbrechung von 0,0969. Die Schichtdicke der Flüssigkristallschicht betrug 5,1  $\mu\text{m}$ . Die elektrooptische Kennlinie für ein „normally black“ Schaltelement (mit parallelen Polarisatoren) wurde unter einem Betrachtungswinkel von  $\Phi = -45^\circ$  und  $\Theta = 10^\circ$  bestimmt, wie in Beispiel 1 beschrieben. Das Ergebnis ist in Abbildung 6 dargestellt.

In dieser Abbildung 6 ist im Vergleich die Kennlinie eines TN-Schaltelements mit  $d \cdot \Delta n$  von 0,50  $\mu\text{m}$  und eines erfindungsgemäßen Schaltelements beide mit nahezu derselben kapazitiven Schwelle, auch Fréedericksz Schwelle genannt, dargestellt. Die Kurven wurden unter Beobachtungswinkeln von  $\Theta = 10^\circ$ ,  $\Phi = -45^\circ$  erhalten. Im direkten Vergleich mit diesem Flüssigkristallschaltelement aus dem Stand der Technik fällt auf, daß bei nahezu unveränderter maximaler Transmission das erfindungsgemäße Schaltelement sowohl eine deutlich geringere Steilheit aufweist als das vergleichbare TN-Schaltelement, als auch keinerlei Anzeichen von inversem Kontrast zeigt. Hierdurch eignet sich das erfindungsgemäße Schaltelement deutlich besser zur Darstellung von Graustufen und insbesondere von Farbstufen.

25

### Vergleichsbeispiel 2

Analog zu Beispiel 3 wurde ein Schaltelement mit ZLI-4792 realisiert, diesmal jedoch ein TN-Schaltelement im ersten Transmissionsminimum (optische Verzögerung 0,50  $\mu\text{m}$ ), wie in Vergleichsbeispiel 1 realisiert. Wie in Beispiel 3 wurde die elektrooptische Kennlinie bei einem Betrachtungswinkel von  $\Phi = -45^\circ$  und  $\Theta = 10^\circ$  bestimmt. Das Ergebnis ist zum Vergleich mit dem des Beispiels 3 in Abbildung 6 dargestellt.

Das Auftreten des inversen Kontrasts, also die Umkehr der Steigung der elektrooptischen Kennlinie mit steigender Spannung ist bei der Kurve für

das TN-Schaltelement ab einer Spannung von etwa 2,4 Volt deutlich zu erkennen. Im Gegensatz dazu, verläuft die Kennlinie des erfindungsgemäßen Schaltelements deutlich flacher, hat also eine geringere Steigung (auch Steilheit genannt), die für die Darstellung von Graustufen besser geeignet ist. Darüberhinaus tritt unter diesem Blickwinkel bei dem erfindungsgemäßen Schaltelement überhaupt kein inverser Kontrast auf.

In Abbildung 6 wird die Kennlinie des erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelements mit der des TN-Schaltelements aus Vergleichsbeispiel 1 dargestellt. Beide Schaltelemente weisen nahezu die gleiche kapazitiven Schwelle, auch Fréedericksz Schwelle genannt, auf. Die Kurven wurden unter Beobachtungswinkeln von  $\Theta = 10^\circ$  und  $\Phi = -45^\circ$  erhalten. Im direkten Vergleich mit diesem Flüssigkristallschaltelement aus dem Stand der Technik fällt auf, daß bei nahezu unveränderter maximaler Transmission das erfindungsgemäße Schaltelement sowohl eine deutlich geringere Steilheit aufweist als das vergleichbare TN-Schaltelement, als auch keinerlei Anzeichen von inversem Kontrast zeigt. Hierdurch eignet sich das erfindungsgemäße Schaltelement deutlich besser zur Darstellung von Graustufen und insbesondere von Farbstufen.

Im Folgenden werden weitere Beispiele (Nr. 4 bis 63) für erfindungsgemäße Schaltelemente und Flüssigkristallmischungen in Kurzform gegeben. Dabei werden für die Schaltelemente zur Vereinfachung lediglich die charakteristischen Spannungen  $V_{10}$ ,  $V_{50}$  und  $V_{90}$  angegeben, die aus den elektrooptischen Kennlinien für „normally white“ Schaltelelente nach Beispiel 1, wie dort beschreiben, bestimmt wurden.

Beispiel 4

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	14,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-303	3,0	Klärpunkt T (N,I) = +76,0 °C
	CCH-501	5,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0597
	CCP-2F.F.F	10,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,5
	CCP-3F.F.F	12,0	$\gamma_1$ (20 °C) [m Pa s]
10	CCP-5F.F.F	4,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,80 V
	CCZU-2-F	5,0	$V_{50}$ (20 °C) = 2,48 V
	CCZU-3-F	16,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,44 V
	CCZU-5-F	5,0	
	CCH-301	18,0	
15	CH-33	2,0	
	CH-35	3,0	
	CH-45	<u>3,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20

Beispiel 5

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CC-5-V	6,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-34	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +75,0 °C
	CCH-501	6,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0604
	CCP-2F.F.F	12,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz 20 °C) = +6,4
	CCP-3F.F.F	12,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,60 V
30	CCP-5F.F.F	5,0	$V_{50}$ (20 °C) = 2,23 V
	CCZU-2-F	6,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,95 V
	CCZU-3-F	20,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CCH-301	18,0	
35	CH-35	2,0	
	CH-45	<u>3,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 6

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-3CF3	8,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-5CF3	12,0	Klärpunkt T (N,I) = +72,0 °C
	CC-5-V	5,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0578
	CCH-303	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,5
	CCH-501	12,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 129 m Pa s
10	CCP-2F.F.F	12,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,72
	CCP-3F.F.F	6,0	$V_{50}$ (20 °C) = 2,34 V
	CCZU-2-F	6,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,13 V
	CCZU-3-F	19,0	
	CCZU-5-F	6,0	
15	CH-33	3,0	
	CH-35	3,0	
	CCPC-34	<u>3,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20

Beispiel 7

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CC-5-(S)3	10,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-301	6,0	Klärpunkt T (N,I) = +70,5 °C
	CCH-303	5,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0568
	CCH-501	14,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,8
	CCP-2F.F.F	12,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 142 m Pa s
30	CCP-3F.F.F	12,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,64 V
	CCZU-2-F	6,0	$V_{50}$ (20 °C) = 2,23 V
	CCZU-3-F	22,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,98 V
	CCZU-5-F	6,0	
	CH-33	3,0	
35	CCPC-34	<u>4,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	



Beispiel 8

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	14,0	Klärpunkt T (N,I) = +76,0 °C
	CCH-301	18,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0608
	CCH-303	3,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,5
	CCH-501	5,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,77 V
	CCP-2F.F.F	10,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,28 V
10	CCP-3F.F.F	12,0	
	CCP-5F.F.F	4,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	16,0	
	CCZU-5-F	5,0	
15	CH-33	2,0	
	CH-35	3,0	
	CH-45	<u>3,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20

Beispiel 9

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CC-5-V	6,0	Klärpunkt T (N,I) = +75,5 °C
	CCH-301	18,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0596
	CCH-34	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,4
	CCH-501	6,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,63 V
	CCP-2F.F.F	12,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,91 V
30	CCP-3F.F.F	12,0	
	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	20,0	
	CCZU-5-F	5,0	
35	CH-35	2,0	
	CH-45	<u>3,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 10

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-501	12,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CH-33	4,0	Klärpunkt T (N,I) = +81,0 °C
	CH-35	4,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0610
	CH-43	4,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +8,9
	CCP-2F.F.F	9,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 154 m Pa s
10	CCZU-2-F	6,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,49 V
	CCZU-3-F	16,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,55 V
	CCZU-5-F	6,0	
	CDU-2-F	9,0	
	CDU-3-F	11,0	
15	CCH-3CF3	7,0	
	CCH-5CF3	8,0	
	CCPC-34	<u>4,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20

Beispiel 11

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	ECCH-5CF3	20,0	Klärpunkt T (N,I) = +74,0 °C
	CC-5-V	5,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0585
	CCH-303	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,5
	CCH-501	12,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 141 m Pa s
	CCP-2F.F.F	12,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,79 V
	CCP-3F.F.F	6,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,27 V
30	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	19,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CH-33	3,0	
	CH-35	3,0	
35	CCPC-34	<u>3,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 12

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	10,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCP-20CF3	6,0	Klärpunkt T (N,I) = +77,0 °C
	CCP-40CF3	4,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0608
	CCP-2F.F.F	11,0	$\Delta \varepsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,4
	CCP-3F.F.F	11,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,91 V
10	CCP-5F.F.F	6,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,66 V
	CCP-20CF3.F	9,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CZU-3-F	10,0	
	CCPC-34	3,0	
15	CC-5-(T)5	15,0	
	CC-5-(T1)5	<u>10,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20

25

30

35

Beispiel 13

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-501	12,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CH-33	3,0	Klärpunkt T (N,I) = +81,5 °C
	CH-35	3,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0604
	CH-43	3,0	$\Delta \varepsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +8,4
	CH-45	3,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 160 m Pa s
10	CCP-2F.F.F	9,0	$V_0$ (20 °C) = 1,22 V
	CCZU-2-F	6,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,51 V
	CZU-3-F	15,0	$V_{50}$ (20 °C) = 2,03 V
	CZU-5-F	6,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,59 V
	CDU-2-F	9,0	
15	CDU-3-F	9,0	
	CDU-5-F	3,0	
	CCH-3CF3	7,0	
	CCH-5CF3	8,0	
	CCPC-34	<u>4,0</u>	
20	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

25

30

35

Beispiel 14

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	17,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-501	14,0	Klärpunkt T (N,I) = +81,0 °C
	CCH-34	4,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0598
	CH-33	3,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,1
	CH-35	3,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,65 V
10	CH-43	3,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,96 V
	CCPC-34	4,0	
	CCZU-2-F	4,0	
	CCZU-3-F	17,0	
	CCZU-5-F	5,0	
15	CDU-2-F	9,0	
	CDU-3-F	9,0	
	CDU-5-F	<u>8,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20

25

30

35

Beispiel 15

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	14,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-34	4,0	Klärpunkt T (N,l) = +78,0 °C
	CC-5-V	5,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0601
	CCP-2F.F.F	10,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,6
	CCP-3F.F.F	12,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,72 V
10	CCP-5F.F.F	6,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,17 V
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	16,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CCP-20CF3.F	2,0	
15	CCH-3CF3	10,0	
	CH-33	3,0	
	CH-35	3,0	
	CH-43	3,0	
	CH-45	<u>2,0</u>	
20	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

25

30

35

Beispiel 16

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	16,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-501	16,0	Klärpunkt T (N,I) = +95,5 °C
	CCH-35	3,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0608
	CCH-5CF3	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,5
	CCP-2F.F.F	10,0	$V_{10}$ (20 °C) = 2,26 V
10	CCP-3F.F.F	8,0	$V_{90}$ (20 °C) = 5,41 V
	CCZU-2-F	4,0	
	CCZU-3-F	13,0	
	CCZU-5-F	4,0	
	CCPC-33	3,0	
15	CCPC-34	4,0	
	CCPC-35	4,0	
	CCOC-3-3	3,0	
	CCOC-4-3	5,0	
	CCOC-3-5	<u>2,0</u>	
20	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 17

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CCH-301	14,0	Klärpunkt T (N,I) = +71,0 °C
	CCH-303	18,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0593
	CCH-501	4,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,0
	CCH-34	6,0	
	CCH-35	6,0	
30	CCP-20CF3	5,0	
	CCP-40CF3	5,0	
	CCP-50CF3	7,0	
	CCP-2F.F.F	12,0	
	CCP-3F.F.F	15,0	
35	CCP-5F.F.F	<u>8,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 18

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	14,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-303	3,0	Klärpunkt T (N,I) = +76,0 °C
	CCH-501	5,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0597
	CCP-2F.F.F	10,0	$\Delta \varepsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,5
	CCP-3F.F.F	12,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,80 V
10	CCP-5F.F.F	4,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,44 V
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	16,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CCH-301	18,0	
15	CH-33	2,0	
	CH-35	3,0	
	CH-45	3,0	
	$\Sigma$	100,0	

20 Beispiel 19

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CC-5-V	6,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-34	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +75,0 °C
	CCH-501	6,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0604
	CCP-2F.F.F	12,0	$\Delta \varepsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,4
	CCP-3F.F.F	12,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,60 V
	CCP-5F.F.F	5,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,94 V
30	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	20,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CCH-301	18,0	
35	CH-35	2,0	
	CH-45	3,0	
	$\Sigma$	100,0	



Beispiel 20

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	4,0	Klärpunkt T (N,I) = +70,0 °C
	CCH-34	5,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0601
	CCH-501	7,0	$\Delta \varepsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,6
	CCP-2F.F.F	11,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,57 V
	CCP-3F.F.F	12,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,89 V
10	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	20,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CCH-301	20,0	
15	CH-35	2,0	
	CCP-20CF2.F.F	<u>2,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 21

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-301	23,0	Klärpunkt T (N,I) = +70,0 °C
	CCH-303	3,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0610
	CCH-501	4,0	$\Delta \varepsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,1
	CCP-30CF3	3,0	$V_{10}$ (20 °C) = 2,10 V
	CCP-40CF3	3,0	$V_{90}$ (20 °C) = 5,05 V
25	CCP-50CF3	3,0	
	CCP-2F.F.F	5,0	
	CCP-3F.F.F	10,0	
	CCP-5F.F.F	8,0	
	CC-5-V	16,0	
30	CCP-30CF3.F	6,0	
	CCP-50CF3.F	8,0	
	CCP-30CF2.F.F	4,0	
	CCP-50CF2.F.F	<u>4,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 22

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	23,0	Klärpunkt T (N,l) = +70,0 °C
	CCH-303	3,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0610
	CCH-501	4,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,1
	CCP-30CF3	3,0	$V_{10}$ (20 °C) = 2,10 V
	CCP-40CF3	3,0	$V_{90}$ (20 °C) = 5,05 V
10	CCP-50CF3	3,0	
	CCP-2F.F.F	5,0	
	CCP-3F.F.F	10,0	
	CCP-5F.F.F	8,0	
	CC-5-V	16,0	
15	CCP-30CF3.F	6,0	
	CCP-50CF3.F	8,0	
	CCP-30CF2.F.F	4,0	
	CCP-50CF2.F.F	<u>4,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20

25

30

35

Beispiel 23

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	16,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-301	16,0	Klärpunkt T (N,I) = +86,0 °C
	CCH-303	3,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0606
	CCH-501	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,0
	CCP-2F.F.F	7,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 123 m Pa s
10	CCP-3F.F.F	5,0	$V_{10}$ (20 °C) = 2,18 V
	CCZU-2-F	4,0	$V_{90}$ (20 °C) = 5,30 V
	CCZU-3-F	13,0	
	CCZU-5-F	4,0	
	CH-33	2,0	
15	CH-35	3,0	
	CH-43	2,0	
	CH-45	3,0	
	CCPC-34	3,0	
	CCPC-35	2,0	
20	CCP-50CF2.F.F	7,0	
	PCH-7F	<u>5,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

25

30

35

Beispiel 24

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	20,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-501	16,0	Klärpunkt T (N,I) = +95,0 °C
	CC-5-V	11,5	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0604
	CDU-2-F	6,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,0
	CDU-3-F	6,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 127 m Pa s
10	CDU-5-F	3,0	$V_{10}$ (20 °C) = 2,31 V
	CCZU-2-F	3,0	$V_{90}$ (20 °C) = 5,55 V
	CCZU-3-F	11,0	
	CCZU-5-F	3,0	
	CH-33	3,0	
15	CH-35	2,0	
	CH-43	2,5	
	CCPC-33	5,0	
	CCPC-34	4,0	
	CCPC-35	<u>4,0</u>	
20	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

25

30

35

Beispiel 25

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	18,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C $\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0602 $\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,9
	CCH-501	8,0	
	CCH-34	5,0	
	CH-33	3,0	
	CH-35	3,0	
10	CH-45	3,0	
	CCPC-34	3,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	17,0	
	CCZU-5-F	5,0	
15	CDU-2-F	11,0	
	CDU-3-F	12,0	
	CDU-5-F	<u>7,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20

25

30

35

Beispiel 26

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	12,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-501	8,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CC-5-V	8,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0606
	CCP-2F.F.F	10,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,3
	CCP-3F.F.F	12,0	
10	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	17,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CH-33	3,0	
15	CH-35	3,0	
	CH-43	3,0	
	CCH-3CF3	7,0	
	CCPC-33	<u>2,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20

25

30

35

Beispiel 27

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	14,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-501	11,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCP-2F.F.F	10,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0607
	CCP-3F.F.F	13,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,5
	CCP-5F.F.F	5,0	
10	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	17,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CH-33	3,0	
	CH-35	3,0	
15	CH-43	3,0	
	CCPC-33	3,0	
	CCH-3CF3	<u>8,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20 Beispiel 28

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
	CC-5-V	4,0	Klärpunkt T (N,I) = +70,0 °C
25	CCH-34	5,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0601
	CCH-301	20,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,6
	CCH-501	7,0	
	CH-35	2,0	
	CCP-2F.F.F	11,0	
30	CCP-3F.F.F	12,0	
	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	20,0	
	CCZU-5-F	6,0	
35	CCP-20CF2.F.F	<u>2,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 29

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	17,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-501	6,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CC-5-V	14,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0605
	CCP-2F.F.F	10,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,7
	CCP-3F.F.F	10,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 104 m Pa s
10	CCP-5F.F.F	5,0	$V_0$ (20 °C) = 1,50 V
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	18,0	
	CCZU-5-F	6,0	
15	CH-33	3,0	
	CH-35	3,0	
	CH-43	<u>3,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 30

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-301	18,0	Klärpunkt T (N,I) = +81,0 °C
	CCH-501	5,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0604
	CC-5-V	14,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,5
	CCP-2F.F.F	9,0	
	CCP-3F.F.F	13,0	
25	CCP-5F.F.F	6,0	
	CCZU-2-F	4,0	
	CCZU-3-F	16,0	
	CCZU-5-F	5,0	
30	CH-33	2,0	
	CH-35	3,0	
	CH-43	2,0	
	CH-45	<u>3,0</u>	
35	$\Sigma$	<u>100,0</u>	



Beispiel 31

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	16,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-301	16,0	Klärpunkt T (N,I) = +86,0 °C
	CCH-303	3,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0606
	CCH-501	5,0	$\Delta \varepsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,0
	CCP-2F.F.F	7,0	$V_{10}$ (20 °C) = 2,18 V
10	CCP-3F.F.F	5,0	$V_{90}$ (20 °C) = 5,30 V
	CCZU-2-F	4,0	
	CCZU-3-F	13,0	
	CCZU-5-F	4,0	
	CH-33	2,0	
15	CH-35	3,0	
	CH-43	2,0	
	CH-45	3,0	
	CCPC-34	3,0	
	CCPC-35	2,0	
20	CCP-50CF2.F.F	7,0	
	PCH-7F	<u>5,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

25

30

35

Beispiel 32

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	20,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-501	16,0	Klärpunkt T (N,I) = +95,0 °C
	CC-5-V	11,5	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0604
	CDU-2-F	6,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,0
	CDU-3-F	6,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 127 m Pa s
10	CDU-5-F	3,0	$V_{10}$ (20 °C) = 2,31 V
	CCZU-2-F	3,0	$V_{90}$ (20 °C) = 5,53 V
	CCZU-3-F	11,0	
	CCZU-5-F	3,0	
	CH-33	3,0	
15	CH-35	2,0	
	CH-43	2,5	
	CCPC-33	5,0	
	CCPC-34	4,0	
	CCPC-35	<u>4,0</u>	
20	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

25

30

35

Beispiel 33

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	18,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C $\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0602 $\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,9
	CCH-501	8,0	
	CCH-34	5,0	
	CH-33	3,0	
	CH-34	3,0	
10	CH-35	3,0	
	CCPC-34	3,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	17,0	
	CCZU-5-F	5,0	
15	CDU-2-F	11,0	
	CDU-3-F	12,0	
	CDU-5-F	<u>7,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20 Beispiel 34

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CCH-301	14,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C $\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0607 $\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,5
	CCH-501	11,0	
	CCP-2F.F.F	10,0	
	CCP-3F.F.F	13,0	
	CCP-5F.F.F	5,0	
30	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	17,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CH-33	3,0	
	CH-35	3,0	
35	CH-43	3,0	
	CCPC-33	3,0	
	CCH-3CF3	<u>8,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 35

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	14,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-303	3,0	Klärpunkt T (N,I) = +76,0 °C
	CCH-501	5,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0597
	CCP-2F.F.F	10,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,5
	CCP-3F.F.F	12,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,80 V
10	CCP-5F.F.F	4,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,44 V
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	16,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CCH-301	18,0	
15	CH-33	2,0	
	CH-35	3,0	
	CH-43	<u>3,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20 Beispiel 36

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CC-5-V	6,0	Übergang T (S,N) = < -40,0 °C
	CCH-34	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +75,0 °C
	CCH-301	18,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0604
	CCH-501	6,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,4
	CCP-2F.F.F	12,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,61 V
	CCP-3F.F.F	12,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,94 V
30	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	20,0	
	CCZU-5-F	5,0	
35	CH-35	2,0	
	CH-45	<u>3,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 37

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	7,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-301	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +82,0 °C
	CCH-303	5,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0630
	CCH-501	14,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +8,0
	CCP-2F.F.F	12,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,69 V
10	CCP-3F.F.F	12,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,08 V
	CCP-5F.F.F	4,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	22,0	
	CCZU-5-F	6,0	
15	CH-33	2,0	
	CH-35	3,0	
	CH-45	<u>2,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20 Beispiel 38

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CCH-303	11,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-501	17,0	Klärpunkt T (N,I) = +83,5 °C
	CH-33	3,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0624
	CH-35	3,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +8,7
	CH-45	3,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 151 m Pa s
	CCP-5F.F.F	3,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,51 V
	CCZU-2-F	6,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,64 V
30	CCZU-3-F	16,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CCPC-34	2,0	
	CDU-2-F	10,0	
35	CDU-3-F	12,0	
	CDU-5-F	<u>8,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 39

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	19,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CC-5-V	17,0	Klärpunkt T (N,I) = +76,5 °C
	CCP-20CF3	6,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0639
	CCP-40CF3	6,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,2
	CCP-2F.F.F	11,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 92 m Pa s
10	CCP-3F.F.F	11,0	$V_0$ (20 °C) = 1,50 V
	CCP-5F.F.F	6,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,87 V
	CCP-20CF3.F	9,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,59 V
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	7,0	
15	CCPC-34	<u>3,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 40

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-301	20,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CC-5-V	16,0	Klärpunkt T (N,I) = +70,5 °C
	CCP-20CF3	6,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0620
25	CCP-40CF3	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,4
	CCZU-2-F	5,0	$V_0$ (20 °C) = 1,23 V
	CCZU-3-F	8,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,52 V
	CCPC-34	4,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,71 V
	CDU-2-F	12,0	
30	CDU-3-F	14,0	
	CDU-5-F	<u>10,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 41

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-3CF3	9,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-5CF3	12,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCH-302	10,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0633
	CCP-2F.F.F	12,0	$\Delta \varepsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,9
	CCP-3F.F.F	11,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,72 V
10	CCP-5F.F.F	6,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,13 V
	CCP-20CF3.F	3,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	14,0	
	CCZU-5-F	6,0	
15	CCPC-34	5,0	
	CH-35	<u>6,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 42

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CH-33	4,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CH-35	3,0	Klärpunkt T (N,I) = +82,0 °C
	CCP-2F.F.F	10,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0645
	CCZU-2-F	6,0	$\Delta \varepsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +11,2
	CCZU-3-F	16,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,35 V
25	CCZU-5-F	6,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,26 V
	CDU-2-F	9,0	
	CDU-3-F	11,0	
	CDU-5-F	8,0	
	CCH-3CF3	11,0	
30	CCH-5CF3	9,0	
	CCPC-33	4,0	
	CCPC-34	<u>3,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 43

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-501	7,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CH-33	4,0	Klärpunkt T (N,I) = +81,0 °C
	CH-35	4,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0624
	CH-43	4,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +9,5
	CCP-2F.F.F	12,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 180 m Pa s
10	CCZU-2-F	6,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,34 V
	CCZU-3-F	16,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,23 V
	CCZU-5-F	6,0	
	CDU-2-F	9,0	
	CDU-3-F	11,0	
15	CDU-5-F	6,0	
	CCS-3	8,0	
	CCS-5	7,0	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20 Beispiel 44

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CCH-301	14,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CC-5-V	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +79,5 °C
	CH-33	3,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0640
	CH-35	3,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +9,7
	CH-45	3,0	$V_0$ (20 °C) = 1,04 V
30	CCP-2F.F.F	8,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,33 V
	CCZU-2-F	6,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,25 V
	CCZU-3-F	19,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CCPC-34	1,0	
35	CDU-2-F	11,0	
	CDU-3-F	12,0	
	CDU-5-F	9,0	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	



Beispiel 45

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	ECCH-5CF3	21,0	Klärpunkt T (N,I) = +82,0 °C
	CC-5-V	5,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0654
	CH-33	3,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +8,5
	CCP-2F.F.F	12,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 165 m Pa s
	CCP-3F.F.F	12,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,58 V
10	CCP-5F.F.F	5,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,88 V
	CCP-20CF3.F	6,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	20,0	
	CCZU-5-F	6,0	
15	CCPC-34	<u>4,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 46

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-303	11,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-501	17,0	Klärpunkt T (N,I) = +84,5 °C
	CH-33	3,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0628
25	CH-35	3,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +9,2
	CH-45	3,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,58 V
	CCP-5F.F.F	3,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,83 V
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	16,0	
30	CCZU-5-F	6,0	
	CCPC-34	2,0	
	CEDU-3-F	15,0	
	CEDU-5-F	<u>15,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

35

Beispiel 47

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-501	7,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CH-33	3,0	Klärpunkt T (N,I) = +86,0 °C
	CH-35	3,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0645
	CH-43	3,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +10,2
	CCP-2F.F.F	7,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,44 V
10	CCP-3F.F.F	5,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,44 V
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	15,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CDU-2-F	9,0	
15	CDU-3-F	9,0	
	CDU-5-F	6,0	
	CCH-3CF3	7,0	
	CCH-5CF3	8,0	
	CCPC-34	3,0	
20	CCPC-33	<u>3,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

25

30

35

Beispiel 48

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	5,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-501	16,0	Klärpunkt T (N,I) = +86,0 °C
	CCP-2F.F.F	12,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0622
	CCP-3F.F.F	12,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,8
	CCP-5F.F.F	6,0	$V_{10}$ (20 °C) = 2,10 V
10	CCP-20CF3	5,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,98 V
	CCP-40CF3	6,0	
	CCP-20CF3.F	9,0	
	CH-33	4,0	
15	CH-35	3,0	
	CH-43	3,0	
	CH-45	3,0	
	CCPC-34	4,0	
	CCH-3CF3	6,0	
	CCH-5CF3	<u>6,0</u>	
20	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 49

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CCH-5CF3	10,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-34	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +79,5 °C
	CC-5-V	16,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0650
	CCP-2F.F.F	12,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,4
	CCP-3F.F.F	10,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 113 m Pa s
30	CCP-5F.F.F	7,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,67 V
	CCP-20CF3.F	12,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,08 V
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	16,0	
35	CCZU-5-F	5,0	
	CCPC-34	<u>2,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 50

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-34	6,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-3CF3	3,0	Klärpunkt T (N,I) = +75,0 °C
	CCH-5CF3	8,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0644
	CCP-2F.F.F	11,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +10,1
	CCP-3F.F.F	10,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,42 V
10	CCP-5F.F.F	6,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,47 V
	CCP-20CF3.F	4,0	
	CCP-40CF3	8,0	
	CDU-2-F	10,0	
	CDU-3-F	12,0	
15	CDU-5-F	10,0	
	CCOC-3-3	4,0	
	CCOC-3-3	8,0	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20 Beispiel 51

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CCH-34	6,0	Klärpunkt T (N,I) = +81,0 °C
	CC-5-V	11,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0653
	CC-3-2T	9,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,7
	CC-5-2T	9,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,70 V
	CCP-2F.F.F	11,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,20 V
30	CCP-3F.F.F	11,0	
	CCP-5F.F.F	6,0	
	CCP-40CF3	6,0	
	CCP-20CF3.F	5,0	
	CCZU-2-F	6,0	
35	CCZU-3-F	14,0	
	CCZU-5-F	<u>6,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 52

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-34	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CC-5-V	8,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0642
	CCH-3CF3	6,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,8
	CCH-5CF3	8,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,68 V
	CCP-2F.F.F	11,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,08 V
10	CCP-3F.F.F	11,0	
	CCP-5F.F.F	6,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	14,0	
	CCZU-5-F	6,0	
15	CCP-20CF3.F	8,0	
	CCP-40CF3	4,0	
	CCOC-4-3	5,0	
	CCOC-3-3	<u>2,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20

Beispiel 53

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CCH-34	6,0	Klärpunkt T (N,I) = +79,5 °C
	CC-5-V	14,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0649
	CCP-2F.F.F	11,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +9,5
	CCP-3F.F.F	11,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,46 V
	CCP-5F.F.F	6,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,60 V
30	CCP-20CF3.F	6,0	
	CDU-2-F	10,0	
	CDU-3-F	14,0	
	CDU-5-F	10,0	
	CCOC-3-3	4,0	
35	CCOC-4-3	<u>8,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 54

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-34	6,0	Klärpunkt T (N,l) = +78,5 °C
	CC-5-V	15,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0652
	CCH-5CF3	9,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +9,4
	CCP-2F.F.F	11,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,48 V
	CCP-3F.F.F	11,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,66 V
10	CCP-5F.F.F	6,0	
	CCP-40CF3	4,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	14,0	
	CCZU-5-F	6,0	
15	DCZG-2-OT	4,0	
	DCZG-3-OT	4,0	
	DCZG-5-OT	<u>4,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20

25

30

35

Beispiel 55

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-34	5,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CC-5-V	8,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,5 °C
	CCH-3CF3	6,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0643
	CCH-5CF3	8,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,8
	CCP-2F.F.F	11,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,69 V
10	CCP-3F.F.F	11,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,11 V
	CCP-5F.F.F	6,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	15,0	
	CCZU-5-F	5,0	
15	CCP-20CF3.F	8,0	
	CCP-40CF3	5,0	
	CCOC-4-3	5,0	
	CCOC-3-3	2,0	
	$\Sigma$	100,0	

20

Beispiel 56

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CCH-34	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +82,0 °C
	CC-3-2T	8,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0650
	CC-5-2T	8,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,5
	CCH-5CF3	8,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,94 V
	CCP-2F.F.F	12,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,71 V
30	CCP-3F.F.F	11,0	
	CCP-5F.F.F	6,0	
	CCP-20CF3.F	12,0	
	CCP-50CF3.F	6,0	
	CCP-40CF3	6,0	
35	CCOC-4-3	8,0	
	CCG-(c3)m-F	10,0	
	$\Sigma$	100,0	

Beispiel 57

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-34	5,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CC-5-V	6,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,5 °C
	CCH-3CF3	6,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0644
	CCH-5CF3	8,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,9
	CCP-2F.F.F	11,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 124 m Pa s
10	CCP-3F.F.F	12,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,65 V
	CCP-5F.F.F	5,0	$V_{90}$ (20 °C) = 4,06 V
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	15,0	
	CCZU-5-F	4,0	
15	CCP-20CF3.F	10,5	
	CCP-40CF3	6,5	
	CCOC-4-3	4,0	
	CCOC-3-3	<u>2,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20

25

30

35



Beispiel 58

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-3CF3	8,0	Klärpunkt T (N,l) = +81,0 °C
	CCH-5CF3	5,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0655
	CCH-301	9,0	$\Delta \varepsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +8,7
	CCP-2F.F.F	8,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,56 V
	CCP-3F.F.F	13,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,77 V
10	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	8,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CCP-30CF3.F	8,0	
15	CCP-50CF2.F.F	8,0	
	CDU-3-F	9,0	
	CCOC-3-3	5,0	
	CPCC-2-3	4,0	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20

25

30

35

Beispiel 59

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-3CF3	9,0	Übergang T (S,N) = < -30,0 °C
	CCH-5CF3	7,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCH-34	5,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0652
	CCP-2F.F.F	11,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +8,6
	CCP-3F.F.F	12,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 144 m Pa s
10	CCP-5F.F.F	5,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,58 V
	CCP-20CF3	4,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,88 V
	CCP-30CF3	2,0	
	CCP-40CF3	7,0	
	CCP-20CF3.F	10,0	
15	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	15,0	
	CCZU-5-F	4,0	
	CCTTCC-5-5-5-5	<u>4,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20

Beispiel 60

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CCH-34	6,0	Übergang T (S,N) = < -40,0 °C
	CCH-501	8,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCH-5CF3	8,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = +0,0656
	CCP-2F.F.F	11,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +8,4
	CCP-3F.F.F	11,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,57 V
30	CCP-5F.F.F	6,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,89 V
	CCP-40CF3	8,0	
	CCP-20CF3.F	10,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	14,0	
35	CCZU-5-F	6,0	
	CHO-3CF3	<u>6,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 61

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-34	6,0	Übergang T (S,N) = < -40,0 °C
	CCH-501	10,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCH-5CF3	6,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = 0,0653
	CCP-2F.F.F	11,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,41 V
	CCP-3F.F.F	11,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,45 V
10	CCP-5F.F.F	6,0	
	CCP-20CF3.F	8,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	14,0	
	CCZU-5-F	6,0	
15	DCZG-2-OT	4,0	
	DCZG-3-OT	4,0	
	DCZG-5-OT	4,0	
	CCOC-3-3	<u>4,0</u>	
	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

20 Beispiel 62

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CC-5-V	18,5	Klärpunkt T (N,I) = +70,0 °C
	CCH-303	6,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = 0,0650
	CCH-501	6,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,56V
	CCP-2F.F.F	12,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,93 V
	CCP-3F.F.F	13,0	
30	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCP-20CF2.F.F	10,0	
	CCP-30CF2.F.F	10,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	10,0	
	PCH-7	<u>4,5</u>	
35	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

Beispiel 63

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	11,5	Übergang T (S,N) = < -30,0 °C
	CCP-2F.F.F	10,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCP-3F.F.F	13,0	$\Delta n$ (589 nm, 20 °C) = 0,0653
	CCP-5F.F.F	5,0	$\gamma_1$ (20 °C) = 161 m Pa s
	CCZU-2-F	5,0	$V_{10}$ (20 °C) = 1,54 V
10	CCZU-3-F	16,0	$V_{90}$ (20 °C) = 3,76 V
	CCZU-5-F	4,0	
	CCP-20CF2.F.F	5,0	
	CCP-30CF2.F.F	6,0	
	CCP-50CF2.F.F	6,0	
15	CH-33	3,0	
	CH-35	2,0	
	CH-43	2,5	
	CCH-3CF3	7,0	
	CCH-5CF3	4,0	
20	$\Sigma$	<u>100,0</u>	

25

30

35

**Abbildung n**

Abbildung 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelements mit gekreuzten Polarisatoren.

5

Abbildung 1a) zeigt die Anordnung der wesentlichsten Bestandteile der Schaltelemente der ersten bevorzugten Ausführungsform und den Strahlengang in Seitenansicht. Es bedeuten:

- |    |               |  |
|----|---------------|--|
| 10 | BL:           | Hintergrundbeleuchtung (back light),   |
|    | P:            | Polarisator, bzw. Analysator (die Transmissionsrichtung ist durch die jeweiligen Balken gekennzeichnet.),  |
|    | z:            | Normale zur Anzeigenoberfläche,  |
| 15 | $n_{  }$ :    | Vorzugsrichtung des Flüssigkristalldirektors in der Mitte der Schicht zwischen den Substraten (nicht gezeigt), entspricht der Richtung des Außerordentlichen Brechungsindex ( $n_o$ ) und                            |
|    | $n_{\perp}$ : | Richtung senkrecht zur Vorzugsrichtung des Flüssigkristalldirektors in der Mitte der Schicht zwischen den Substraten (in x-Achse und in z-Achse), entspricht der Richtung des ordentlichen Brechungsindex ( $n_e$ ). |
| 20 |               |  |

Abbildung 1b) zeigt die Orientierung der relevanten Achsen in Aufsicht. Die Symbole aus Abbildung 1a werden auch hier verwendet, soweit sinnvoll.

- 25 Abbildung 2 zeigt die Definition der Betrachtungswinkel in der Ebene der Anzeige ( $\Phi$  bzw.  $\Phi'$ ) und senkrecht zum Lot ( $\Theta$ ):

- 30 Abbildung 3 zeigt die Transmission durch die in Abbildung 1 gezeigte Anordnung, wobei jedoch der Winkel des Polarisators zum 2. Polarisator  $\Psi_{PP}$  variiert wurde. Die optische Verzögerung  $(d \cdot \Delta n)_{LC}$  betrug 277 nm.

35

5 Abbildung 4 stellt die Transmissions-Spannungskennlinie eines erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelements im „normally black mode“ nach Beispiel 1 dar. Die Parameter sind wie im Text angegeben. Es werden zwei Kurven gezeigt die für zwei verschiedene Zellen mit jeweils gleichen Ergebnissen erhalten wurden. Die Kurven wurden für  $\Theta = 0^\circ$  und für  $\Theta = 30^\circ$  und  $\Phi = -45^\circ$  erhalten.

10 Abbildung 5 zeigt, ähnlich wie Abbildung 4 die Kennlinien eines Flüssigkristallschaltelements, hier jedoch eines TN-Schaltelements mit  $d \cdot \Delta n$  von  $0,5 \mu\text{m}$  (entsprechend dem 1. Minimum nach Gooch und Tarry) des Vergleichsbeispiels 1. Die Kurve gibt die Ergebnisse von zwei verschiedenen Zellen bei  $\Theta = 0^\circ$  wieder.

15 Abbildung 6 stellt die Kennlinie eines TN-Schaltelements mit  $d \cdot \Delta n$  von  $0,50 \mu\text{m}$  im Vergleich mit der eines erfindungsgemäßen Schaltelements beide mit nahezu derselben kapazitiven Schwelle, auch Fréedericksz Schwelle genannt, unter einem Beobachtungswinkeln von  $\Theta = 10^\circ$ ,  $\Phi = -45^\circ$  dar.

20 Abbildung 7 zeigt die Wellenlängenabhängigkeit der Transmission des erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelements aus Beispiel 1 (durchgehende Kurven) im Vergleich zu der einer TN-Anzeige mit  $d \cdot \Delta n = 0,50 \mu\text{m}$  aus Vergleichsbeispiel 1 (gestrichelte Kurven). Die drei Sätze von Kurven entsprechen den Ansteuerspannungen für 10, 50 und 90% relativem Kon-  
25 trast.

30 Abbildung 8 zeigt in zwei Teilen die Isokontransmissionskurven von zwei Flüssigkristallschaltelementen. Hier wurde die Darstellung in Polarkoordinaten gewählt, wie in Abbildung 2 definiert. Die Transmission wurde für jeden Punkt in der Halbkugel über dem Flüssigkristallschaltelement bei einer festen Ansteuerspannung die zu einer minimalen Transmission von 10% führt bestimmt. Punkte gleicher Transmission sind mit durch Isotransmissionslinien verbunden. Die Isotransmissionslinien sind in Abständen von jeweils 10 % absolut gestaffelt. Gebiete mit einer Transmission im Bereich  
35 des selben vielfachen von 10 % sind dem gleichen Grauton gekennzeichnet. Der dunkelste Bereich entspricht einer Transmission von 0 % bis

10 %, einschließlich, der nächste graue Bereich von mehr als 10 % bis 20% einschließlich, der hellgraue Bereich von mehr als 20 % bis 30 % einschließlich und so weiter. Die weiteren Bereiche sind nicht graugetönt.

5     Abbildung 8a) zeigt die Ergebnisse des Vergleichsbeispiels 1.

Abbildung 8b) zeigt die Ergebnisse des erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelements aus Beispiel 1.

10     Abbildung 9 zeigt in drei Teilen die Isokontrastkurven für drei verschiedene Schaltelemente. Wie in Abbildung 8 wurden Polarkoordinaten verwendet. Alle drei Sätze von Isokontrastkurven wurden für Ansteuerung mit zwei Spannungen die den beiden charakteristischen Spannungen  $V_{10}$  und  $V_{90}$  für das jeweilige Schaltelement entsprechen erhalten. Die Kurven verbinden Punkte gleichen Kontrastverhältnisses. Die Kontrastverhältnisse nehmen, angefangen mit der kürzesten, geschlossenen Kurve, sukzessive nach außen hin ab. Der bevorzugte Quadrant mit dem höchsten Kontrastverhältnis bei  $\Phi = -45^\circ$  (entspricht  $315^\circ$ ) liegt in der Abbildung rechts unten.

15     Abbildung 9a) zeigt die Ergebnisse für das erfindungsgemäße Schaltelement des Beispiels 1. Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für Kontrastverhältnisse von 7, 5, 3, 2 und 1.

20     Abbildung 9b) zeigt die Ergebnisse für das erfindungsgemäße Schaltelement des Beispiels 2. Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für Kontrastverhältnisse von 7, 5, 3 und 2.

25     Abbildung 9c) zeigt die Ergebnisse für das TN-Schaltelement des Vergleichsbeispiels 1. Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für Kontrastverhältnisse von 10, 7, 5, 3, 2 und 1.

35

**Patentanspruch**

- 5 1. Flüssigkristallschaltelement umfassend eine Flüssigkristallschicht mit einer Ausgangsorientierung, die im wesentlichen parallel zu den Substraten und im wesentlichen unverdrillt ist, mindestens einen Polarisator, eine Vorrichtung zur Erzeugung eines elektrischen Feldes, das im Fall von Flüssigkristallmaterialien mit negativer dielektrischer Anisotropie im wesentlichen parallel zu den Substraten und im Fall von Flüssigkristallmaterialien mit positiver dielektrischer Anisotropie im wesentlichen senkrecht zu den Substraten orientiert ist und gegebenenfalls
- 10 mindestens eine doppelbrechende Schicht, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkristallschicht eine optische Verzögerung  $[(d \cdot \Delta n)_{LC}]$  im Bereich von  $0,05 \mu m$  bis  $0,46 \mu m$  aufweist.
- 15 2. Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es mindestens einen Linearpolarisator enthält.
3. Flüssigkristallschaltelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdrillungswinkel der Flüssigkristallschicht ( $\phi$ ) im Bereich von  $-25^\circ$  bis  $+25^\circ$  liegt.
- 20 4. Flüssigkristallschaltelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Verzögerung der Flüssigkristallschicht von ihrem Ausgangswert auf im wesentlichen
- 25 0 nm geschaltet wird oder werden kann.
5. Flüssigkristallschaltelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß es sich um ein transmissives oder um ein transflektives Flüssigkristallschaltelement handelt.
- 30 6. Flüssigkristallschaltelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Verzögerung der Flüssigkristallschicht von  $0,20 \mu m$  bis  $0,37 \mu m$  beträgt.

35



7. Flüssigkristallschaltelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Verzögerung der Flüssigkristallschicht von  $0,07\ \mu\text{m}$  bis  $0,17\ \mu\text{m}$  beträgt.
- 5      8. Flüssigkristallschaltelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß es mindestens eine doppelbrechende Schicht enthält.
- 10     9. Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß es eine  $\lambda/4$ -Schicht, eine  $\lambda/2$ -Schicht oder zwei  $\lambda/4$ -Schichten enthält.
- 15     10. Flüssigkristallschaltelement nach mindestens einem der Ansprüche 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Verzögerung der doppelbrechenden Schicht oder der doppelbrechenden Schichten  $[(d \cdot \Delta n)_{DS}]$  entweder im wesentlichen der Hälfte oder im wesentlichen dem Doppelten der optischen Verzögerung der Flüssigkristallschicht entspricht  $[(d \cdot \Delta n)_{LC}]$ .
- 20     11. Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Verzögerung der Flüssigkristallschicht von  $0,20\ \mu\text{m}$  bis  $0,37\ \mu\text{m}$  beträgt und das Flüssigkristallschaltelement eine  $\lambda/4$ -Schicht enthält.
- 25     12. Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Verzögerung der Flüssigkristallschicht von  $0,07\ \mu\text{m}$  bis  $0,17\ \mu\text{m}$  beträgt und das Flüssigkristallschaltelement eine  $\lambda/2$ -Schicht oder zwei  $\lambda/4$ -Schichten enthält.
- 30     13. Flüssigkristallschaltelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltelement keine doppelbrechende Schicht enthält.
- 35     14. Flüssigkristallschaltelement nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdrillungswinkel der Flüssigkristallschicht ( $\phi$ ) von  $-6^\circ$  bis  $+6^\circ$  beträgt.

- 5 15. Flüssigkristallschaltelement nach mindestens einem der Ansprüche 13 und 14, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Verzögerung der Flüssigkristallschicht im vollständig geschalteten Zustand 0 nm bis 80 nm, bevorzugt 0 nm bis 40 nm beträgt.
- 10 16. Flüssigkristallschaltelement nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkristallschicht eine positive dielektrische Anisotropie aufweist.
17. Flüssigkristallschaltelement nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß es im normally white mode betrieben werden kann.
- 15 18. Flüssigkristallschaltelement nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß es sich um ein reflektives Flüssigkristallschaltelement handelt.
- 20 19. Flüssigkristallschaltelement nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß es sich um ein transmissives Flüssigkristallschaltelement handelt.
- 25 20. Flüssigkristallschaltelement nach mindestens einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkristallschicht eine negative dielektrische Anisotropie aufweist.
- 30 21. Elektrooptische Flüssigkristalldarstellungseinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein Flüssigkristallschaltelement oder mehrere Flüssigkristallschaltelemente nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 20 enthält.
- 35 22. Elektrooptische Flüssigkristalldarstellungseinrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Vielzahl von Flüssigkristallschaltelementen enthält und diese in Matrixform angeordnet sind.



23. Elektrooptische Flüssigkristalldarstellungseinrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkristallschaltelemente mittels einer Matrix von aktiven elektrischen Schaltelementen angesteuert werden.

5

24. Verwendung eines elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements oder mehrerer elektrooptischer Flüssigkristallschaltelemente nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 20 in einer Flüssigkristalldarstellungseinrichtung.

10

15

20

25

30

35

1 / 13

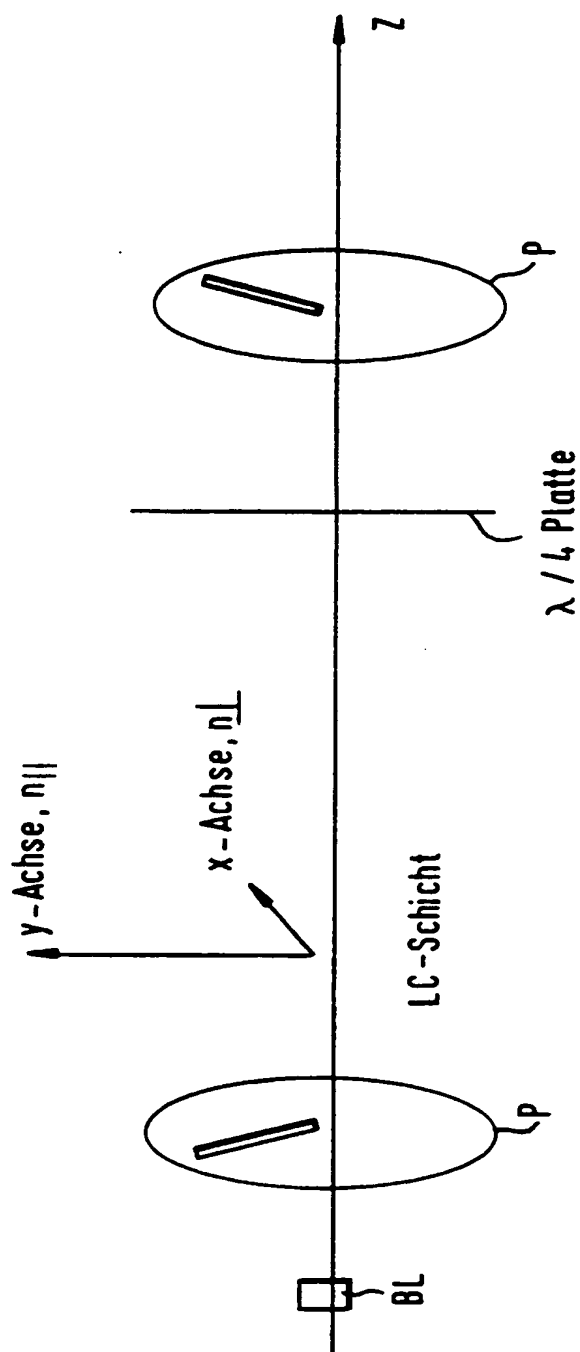


FIG. 1a

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2 / 13

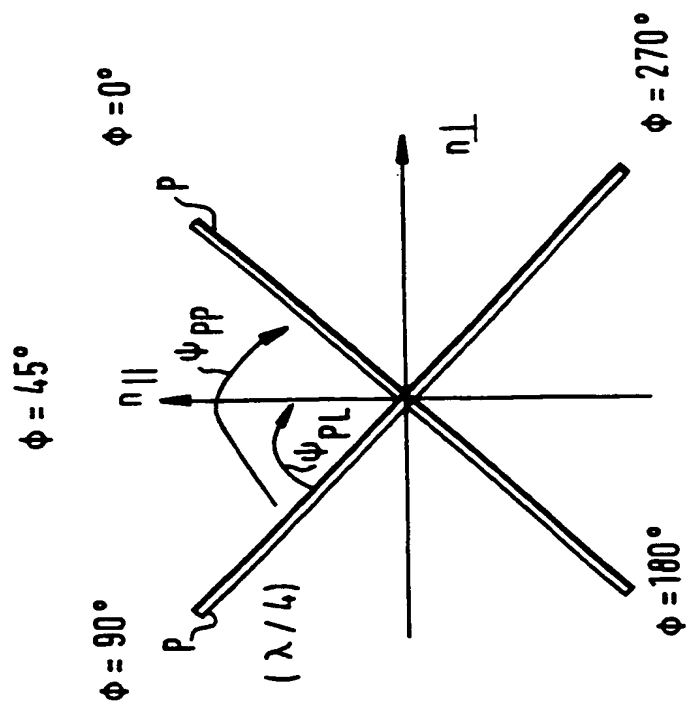
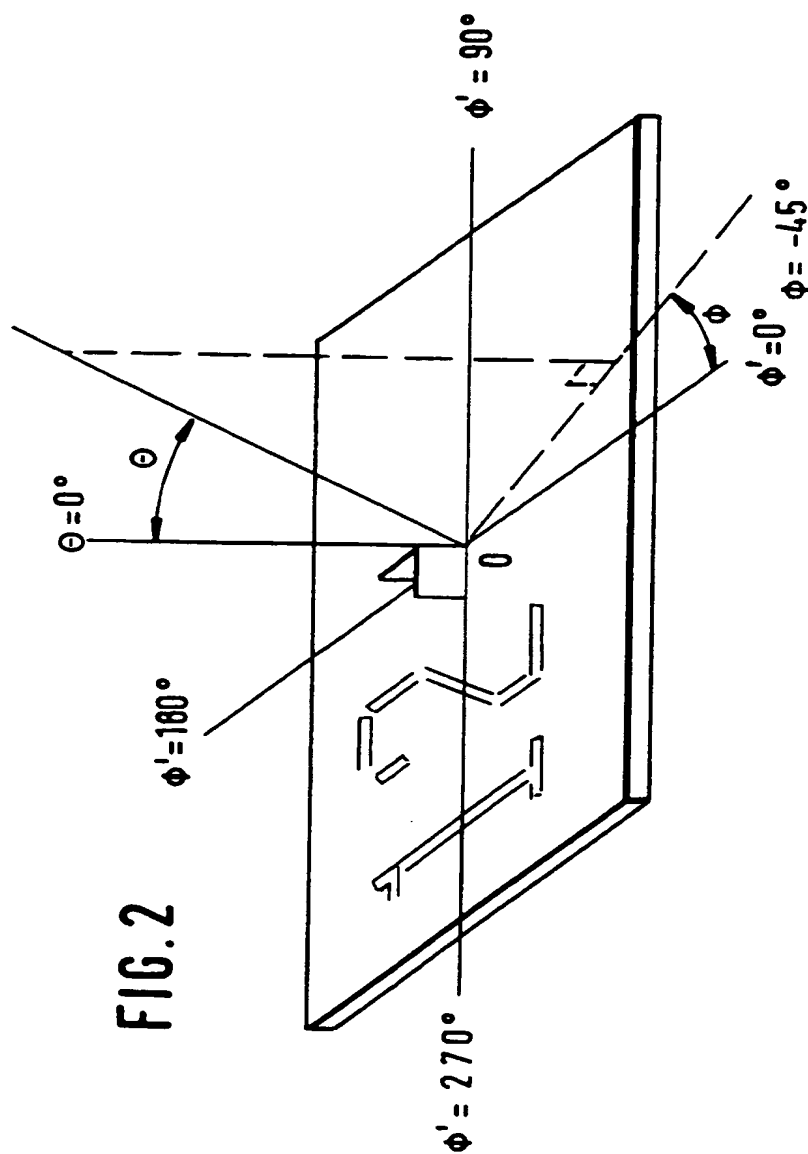


FIG.1b

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**





**FIG. 2**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

4 / 13

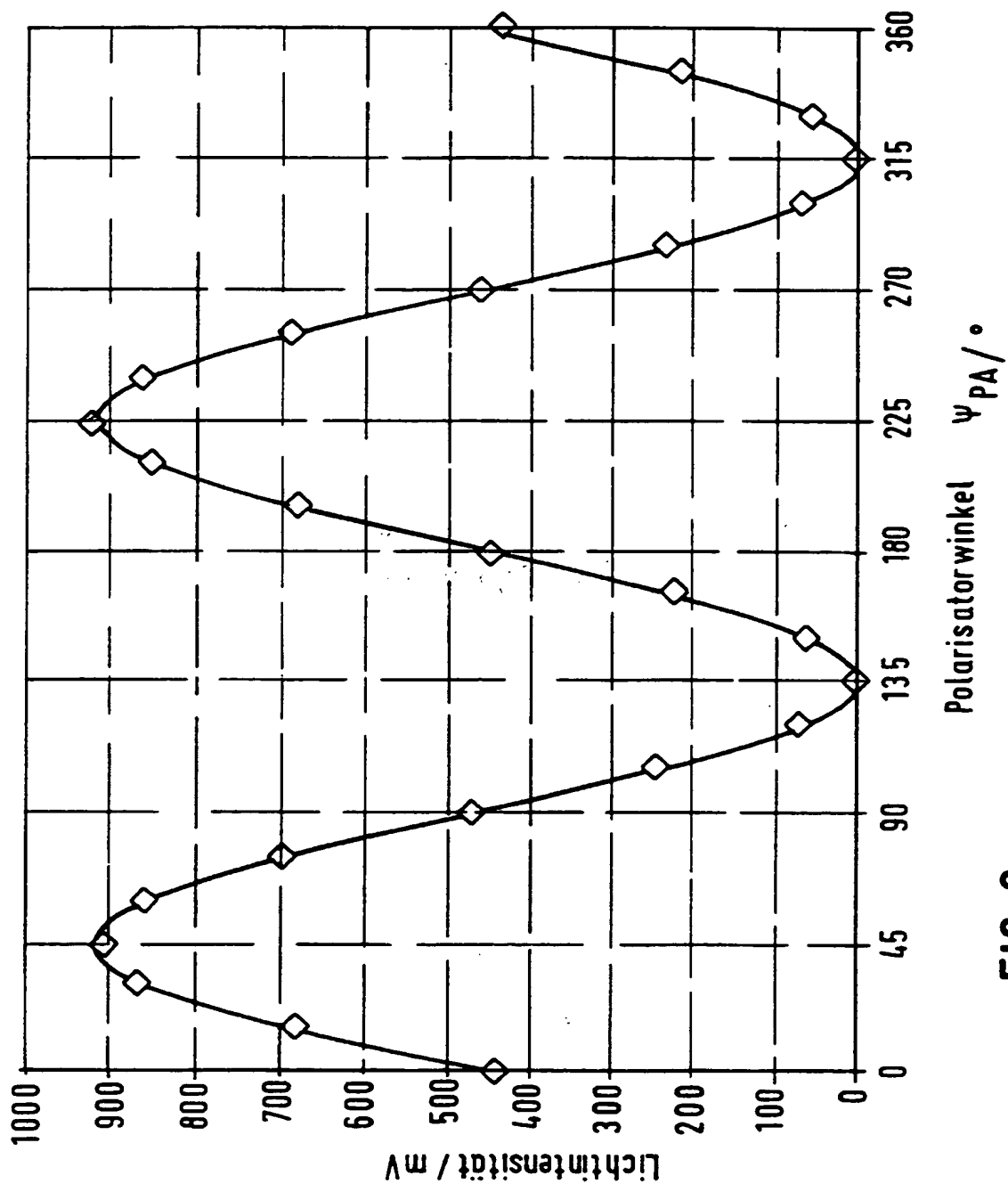


FIG. 3

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

5 / 13

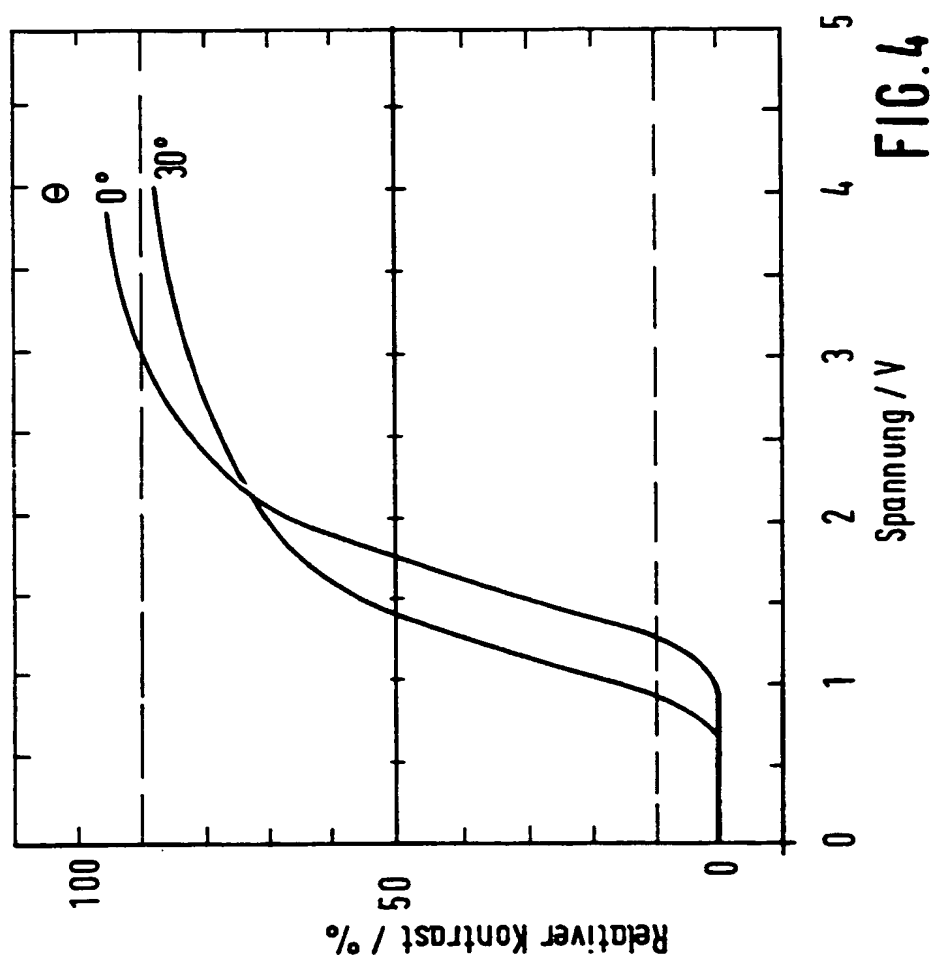
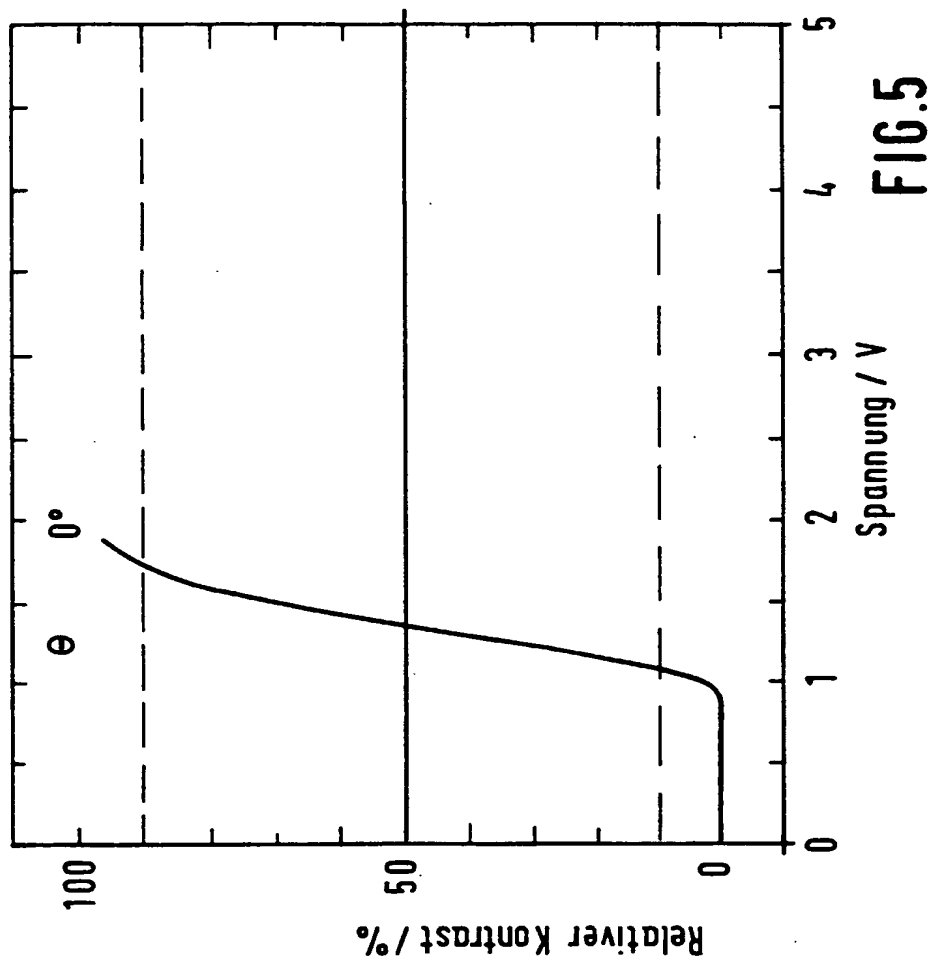


FIG. 4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

6 / 13



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



7 / 13

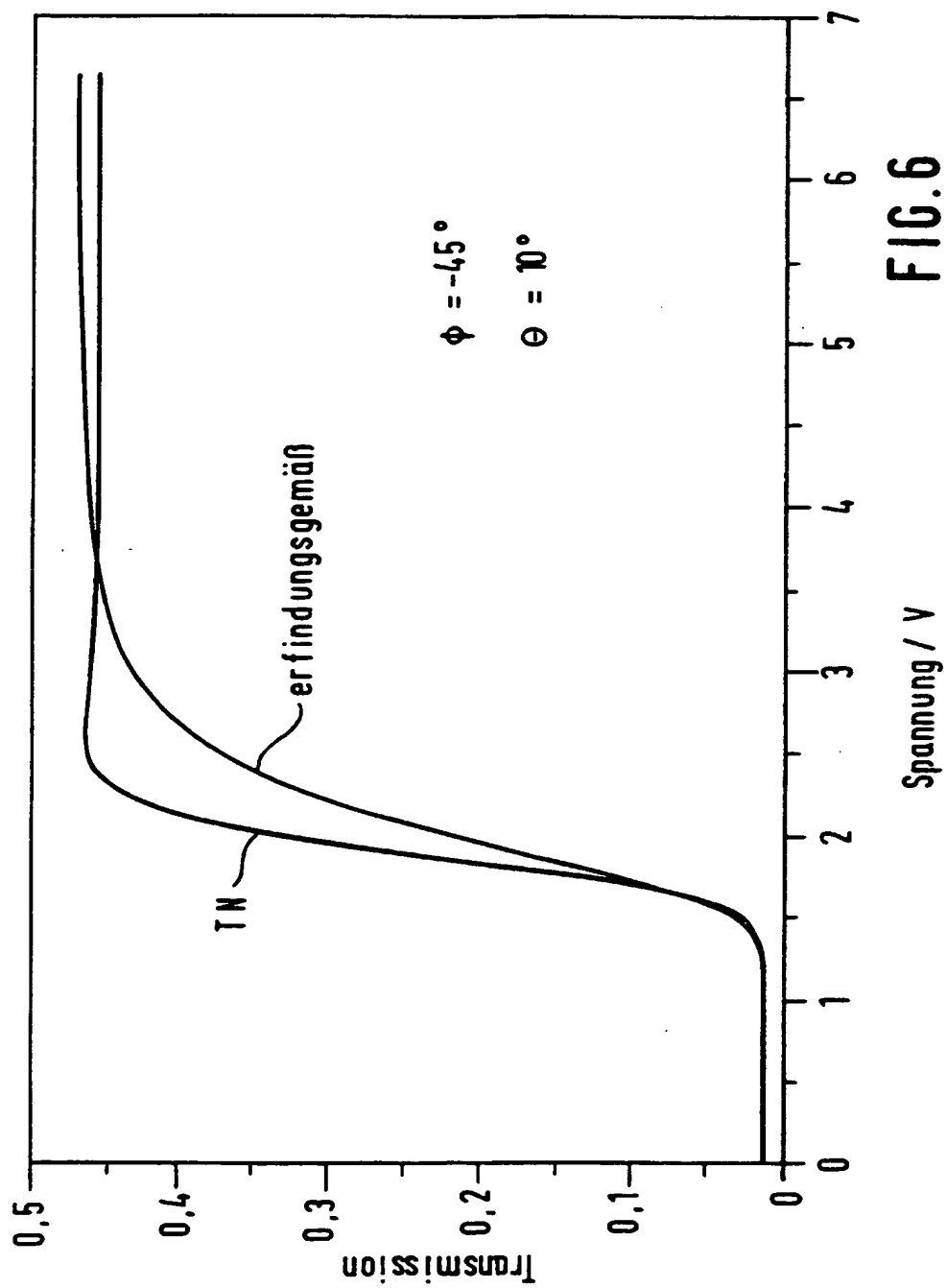


FIG. 6

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

8 / 13

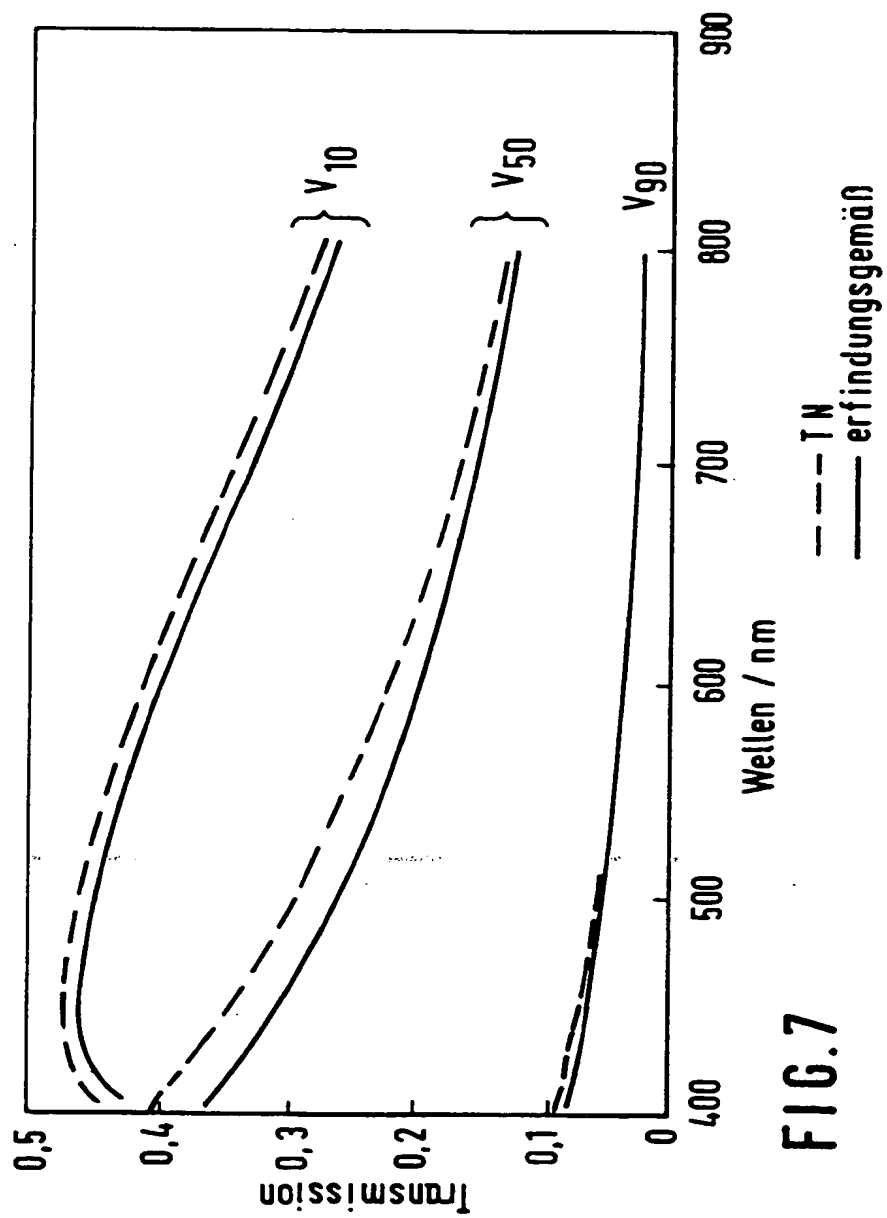


FIG. 7

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

9 / 13

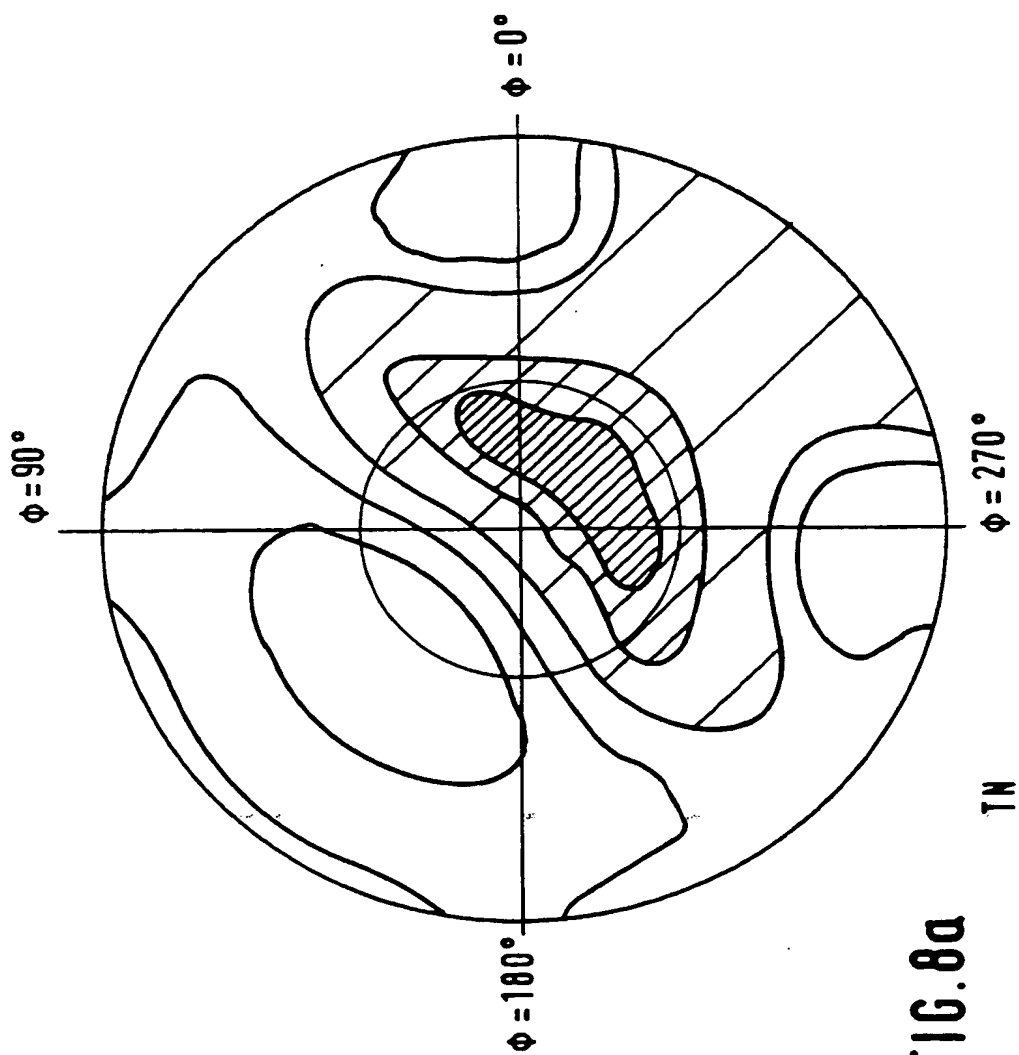
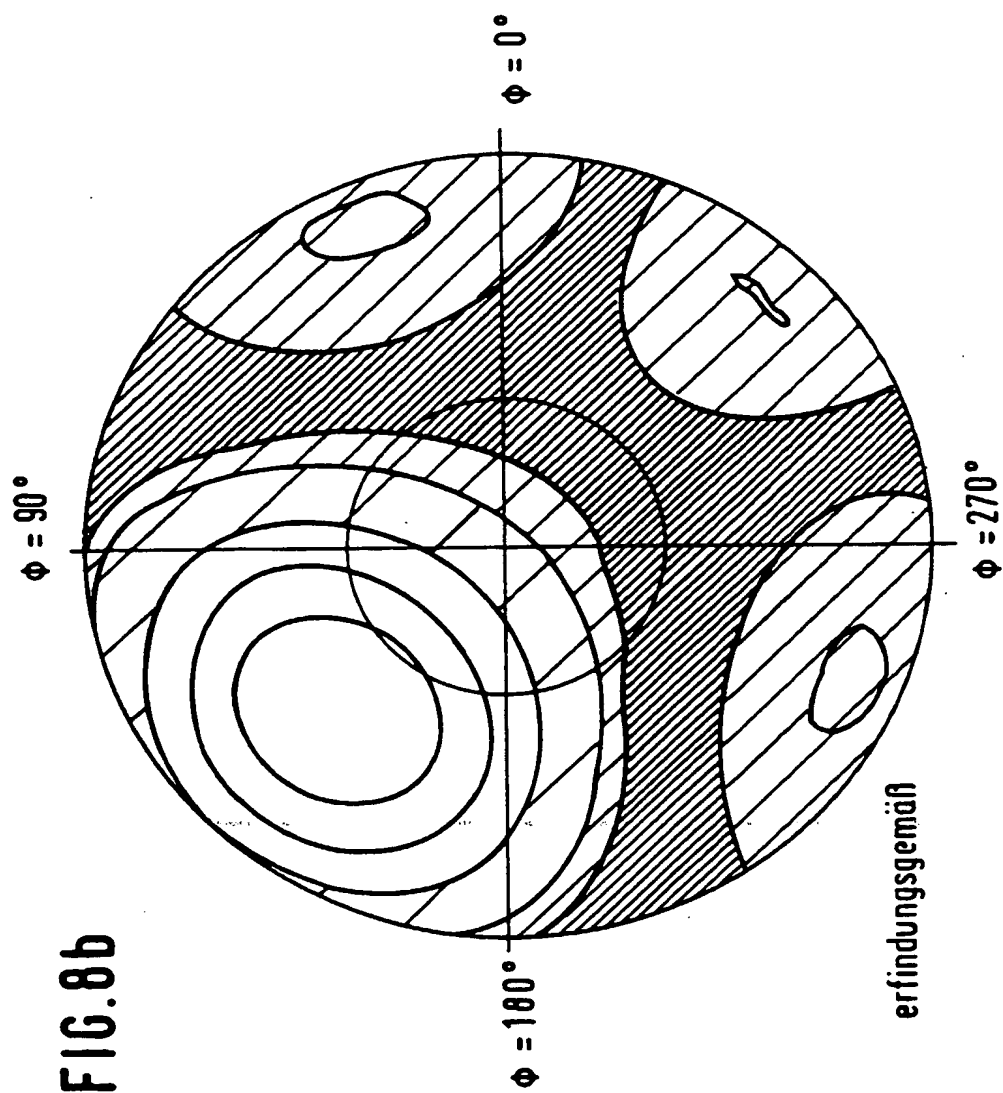


FIG. 8a

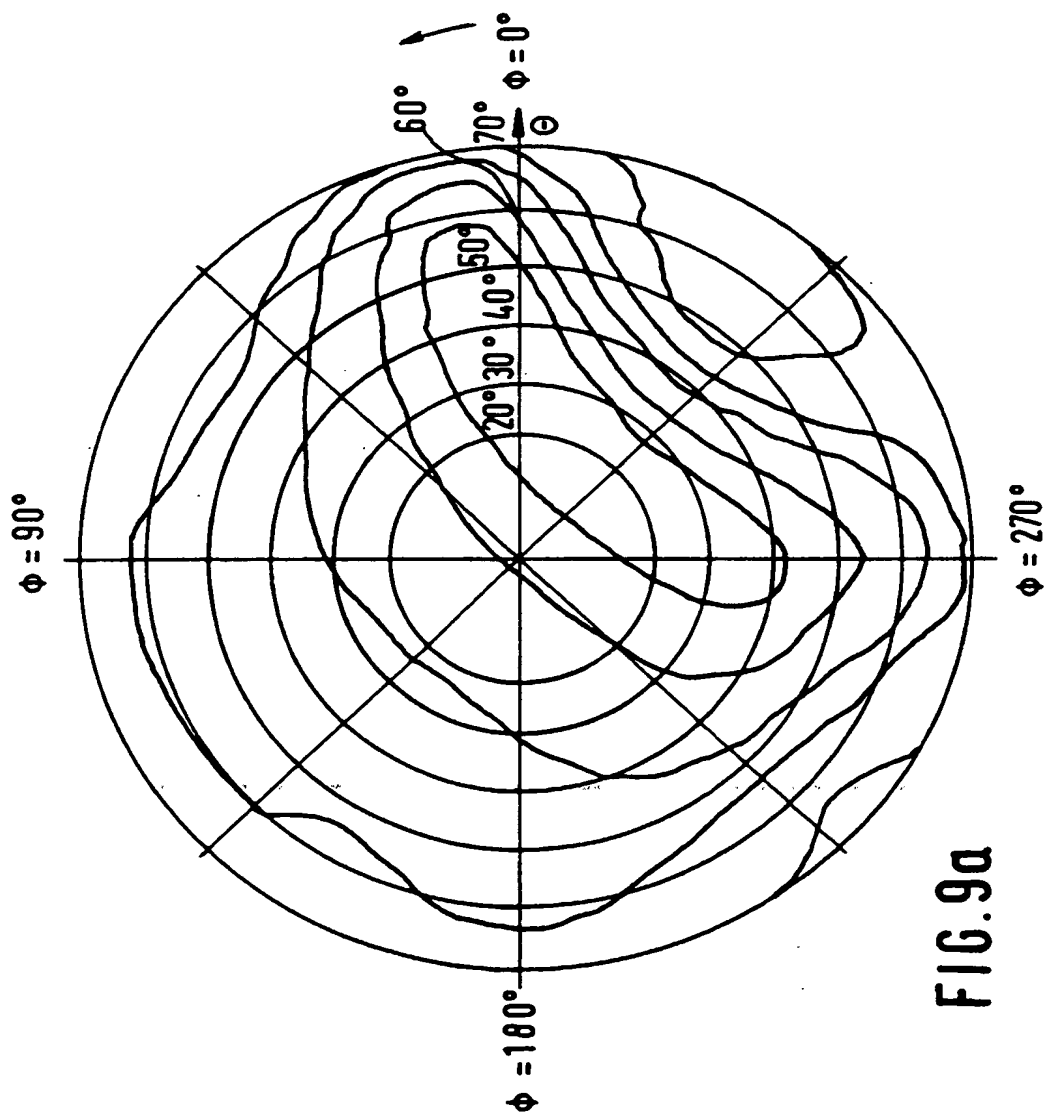
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

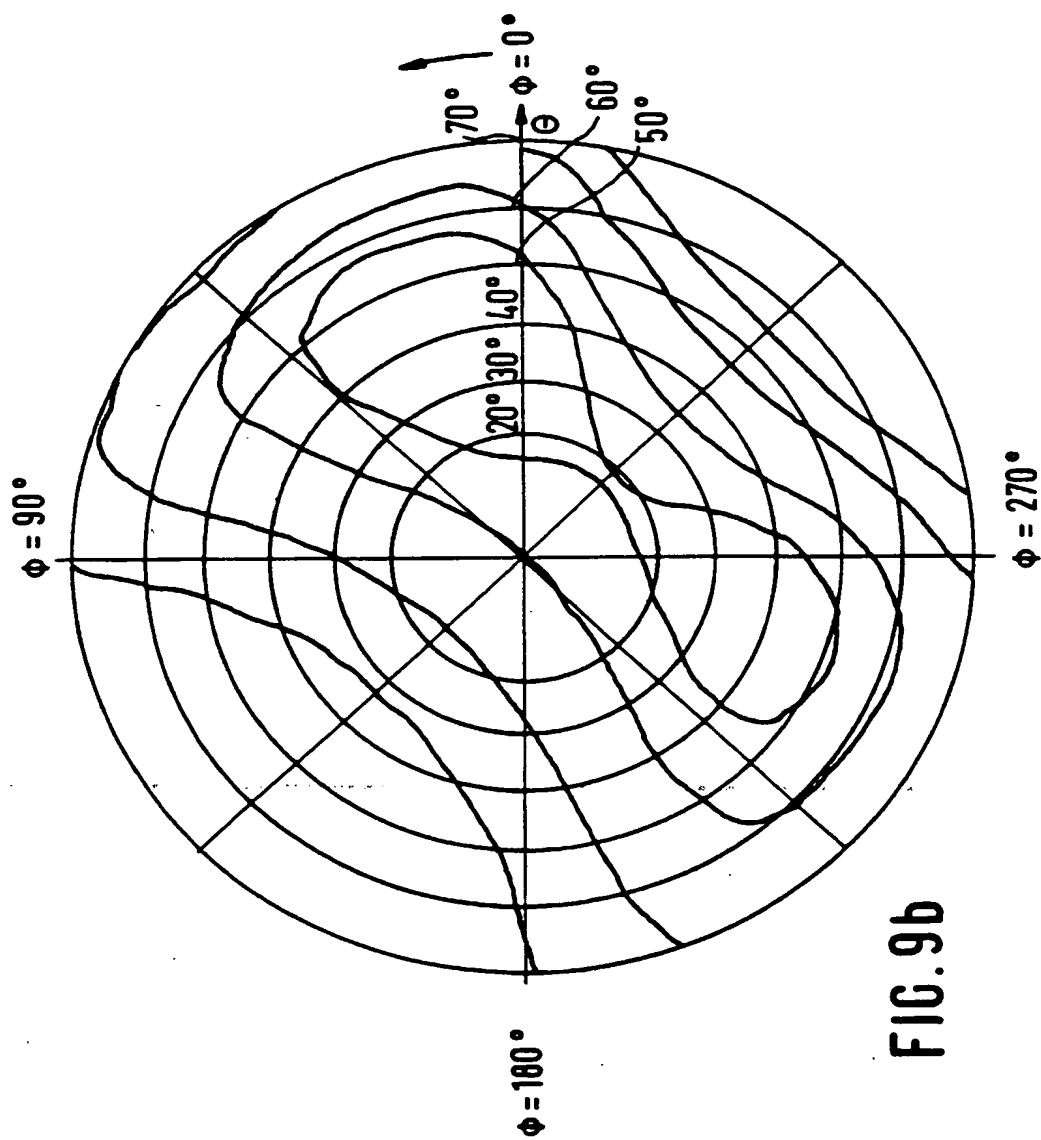


11 / 13



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

12 / 13



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

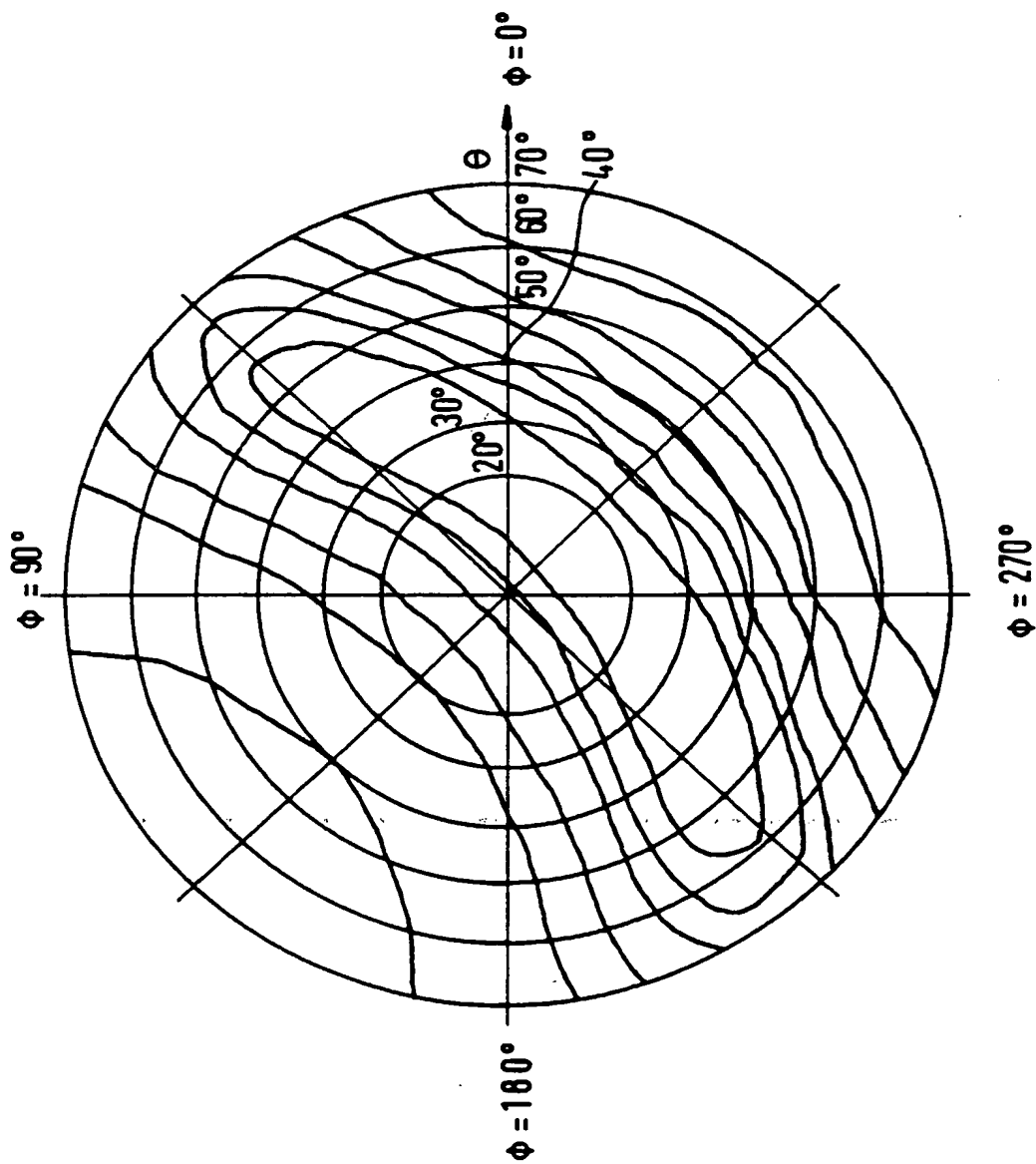


FIG. 9c

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national Application N

PCT/EP 00/06879

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02F1/139 G02F1/13363 G02F1/1337

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, IBM-TDB, EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 727 691 A (SAGEM) 21 August 1996 (1996-08-21) the whole document	1-9, 21-24
X	EP 0 463 816 A (FUJITSU LTD) 2 January 1992 (1992-01-02)  column 6, line 50 -column 7, line 34 column 8, line 34 -column 10, line 16 column 11, line 47 -column 12, line 37	1-4, 7, 13-18, 21-24
X	EP 0 803 758 A (HITACHI LTD) 29 October 1997 (1997-10-29) page 4, line 14 -page 5; examples 1-3	1-3, 6, 8



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 November 2000

Date of mailing of the international search report

16/11/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3018

Authorized officer

Stang, I

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Intern

Application No

PCT/EP 00/06879

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 0727691	A	21-08-1996	WO	9625689 A	22-08-1996
EP 0463816	A	02-01-1992	JP	4053929 A	21-02-1992
			US	5251049 A	05-10-1993
EP 0803758	A	29-10-1997	JP	9292610 A	11-11-1997
			JP	10020302 A	23-01-1998



**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**

IPK 7 G02F1/139 G02F1/13363 G02F1/1337

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationsymbole)

IPK 7 G02F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, IBM-TDB, EPO-Internal

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 727 691 A (SAGEM) 21. August 1996 (1996-08-21) das ganze Dokument	1-9, 21-24
X	EP 0 463 816 A (FUJITSU LTD) 2. Januar 1992 (1992-01-02)  Spalte 6, Zeile 50 -Spalte 7, Zeile 34 Spalte 8, Zeile 34 -Spalte 10, Zeile 16 Spalte 11, Zeile 47 -Spalte 12, Zeile 37	1-4, 7, 13-18, 21-24
X	EP 0 803 758 A (HITACHI LTD) 29. Oktober 1997 (1997-10-29) Seite 4, Zeile 14 -Seite 5; Beispiele 1-3	1-3, 6, 8

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. November 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

16/11/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Stang, I

# INTERNATIONALER PATENTFAMILIENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/06879

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied( r) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0727691	A	21-08-1996	WO	9625689 A	22-08-1996
EP 0463816	A	02-01-1992	JP	4053929 A	21-02-1992
			US	5251049 A	05-10-1993
EP 0803758	A	29-10-1997	JP	9292610 A	11-11-1997
			JP	10020302 A	23-01-1998

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## WO 01/07962 A1

---

(81) Designated states (*national*): AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Published:**

— With International Search Report

(84) Designated states (*regional*): ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR,

*For an explanation of the two-letter codes and the other abbreviations, please see the explanations ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette*

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**